GeTIS: Webbasiertes Geoportal – Integrative Planungshilfe für geothermische Energiesysteme

Frühjahrsveranstaltung 2019 des DVW NRW e. V.
7. Mai 2019 im Forschungszentrum Jülich

Dr.-Ing. Ralf Becker,
Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssyteme
M.Sc. Sebastian Weck-Ponten,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen

Konsortium

Universitäre Einrichtungen

- Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. **Christoph van Treeck**
  Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Jörg Blankenbach**
  Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. **Martin Ziegler**
  Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen

Fördergeber

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) / Projektträger Jülich

Projektbeirat:

- Vertreter aus Verwaltung und Wirtschaft

Hintergrund

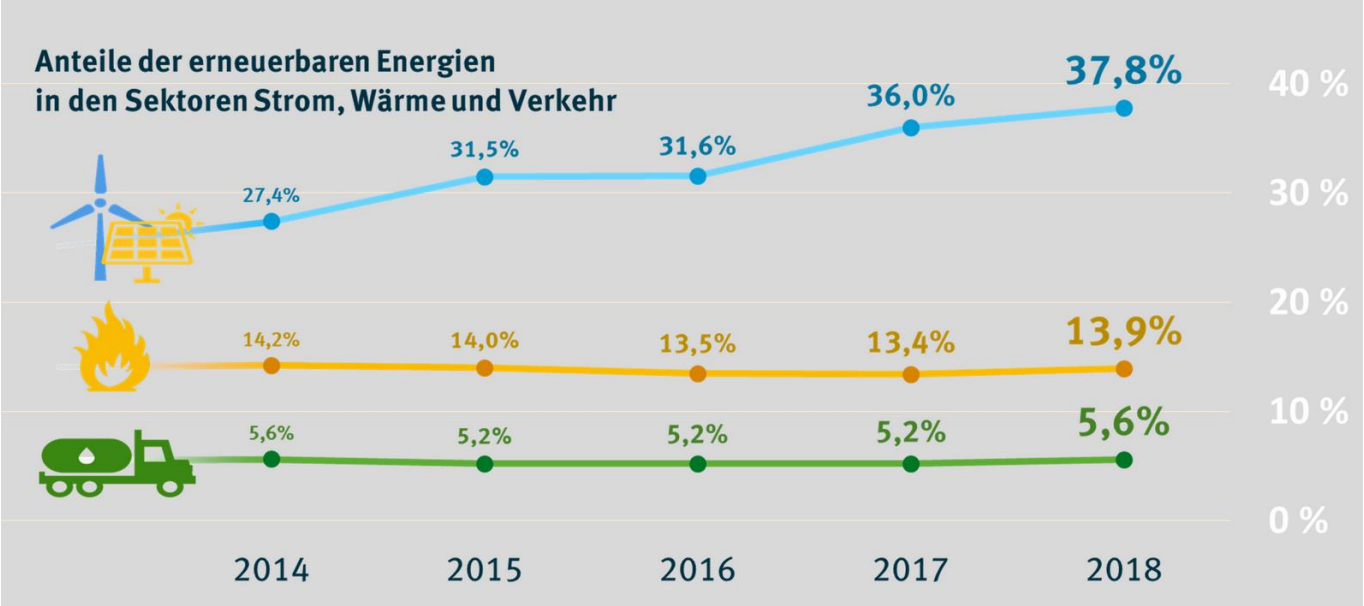
Klimaziele:

- Treibhausgasreduktion um 40 % bis 2020 und um 80 – 95 % bis 2050
- 60 % EE am Bruttoendenergieverbrauch (Strom) bis 2050
- 14 % EE am Wärmeverbrauch bis 2020

Hintergrund

Klimaziele:

- Treibhausgasreduktion um 40 % bis 2020 und um 80 – 95 % bis 2050
- 60 % EE am Bruttoendenergieverbrauch (Strom) bis 2050
- 14 % EE am Wärmeverbrauch bis 2020



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. In: (Stand Fenruar 2018). url: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#textpart-1.

Hintergrund

Wärmewende:

- Der Gebäudesektor soll bis 2050 nahezu klimaneutral werden

Hintergrund

Wärmewende:

- Der Gebäudesektor soll bis 2050 nahezu klimaneutral werden
- Vorgaben des EEWärmeG (Neubau 15 % Wärme aus erneuerbaren Energien)

Hintergrund

Wärmewende:

- Der Gebäudesektor soll bis 2050 nahezu klimaneutral werden
- Vorgaben des EEWärmeG (Neubau 15 % Wärme aus erneuerbaren Energien)

Geothermie als vielversprechender Ansatz für die Energiewende

Hintergrund

Wärmewende:

- Der Gebäudesektor soll bis 2050 nahezu klimaneutral werden
- Vorgaben des EEWärmeG (Neubau 15 % Wärme aus erneuerbaren Energien)

Geothermie als vielversprechender Ansatz für die Energiewende

- Deckung des Heiz- und Kühlbedarfs
- Annähernd konstantes Temperaturniveau im Erdreich
- Keine Thermosensibilität der Stromlast
- Technisch nutzbares Potenzial der oberflächennahen Geothermie in NRW: Deckungsanteil bis 57 % des Wärmebedarfs [LANUV, 2015]

Problemstellungen geothermischer Anlagen

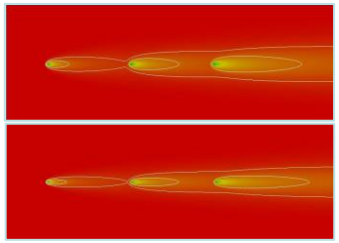
Geringe Informationsdichte

- Einzelne Aufschlüsse als Grundlage für komplexe Entscheidungen
- Keine dynamische Verknüpfung mit zeitlich veränderlichen Daten
- Gebäudeinformationen auf Quartiersebene

Source: CCI 11/2006

Gegenwärtig nicht/kaum erfasst:

- Wechselwirkungen geothermischer Anlagen untereinander
- Dynamische Kopplung der Gebäude mit dem Untergrund
- Interaktion mit Stadtquartieren und Versorgungsnetzen



Unsicherheiten bei Planung, Genehmigungsverfahren und Betrieb geothermischer Anlagen

Lösungsansätze

Kurzbeschreibung der GeTIS-Ziele

Nutzeroberfläche

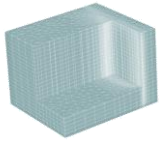
- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetzte / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

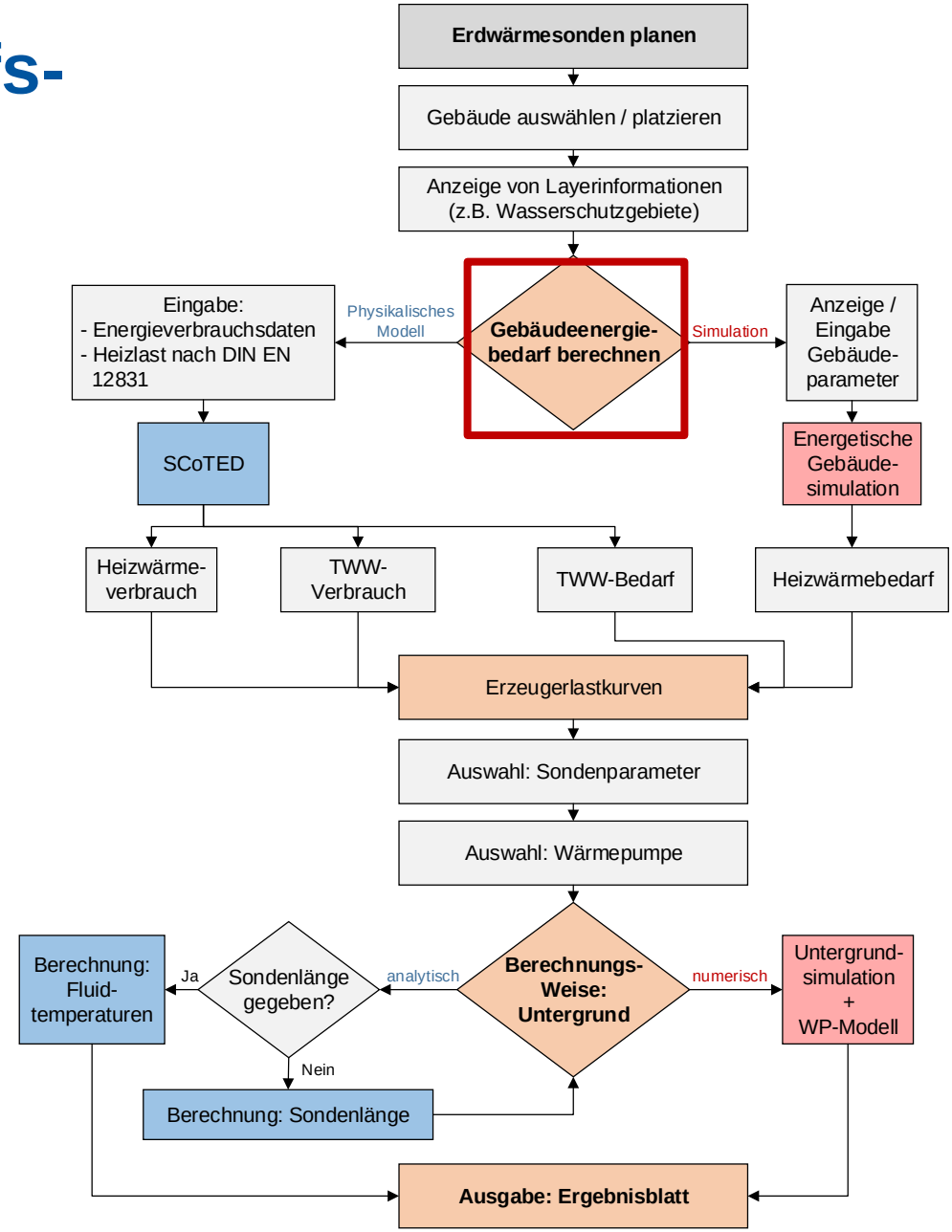
- Dynamische Simulation mit Modelica Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)



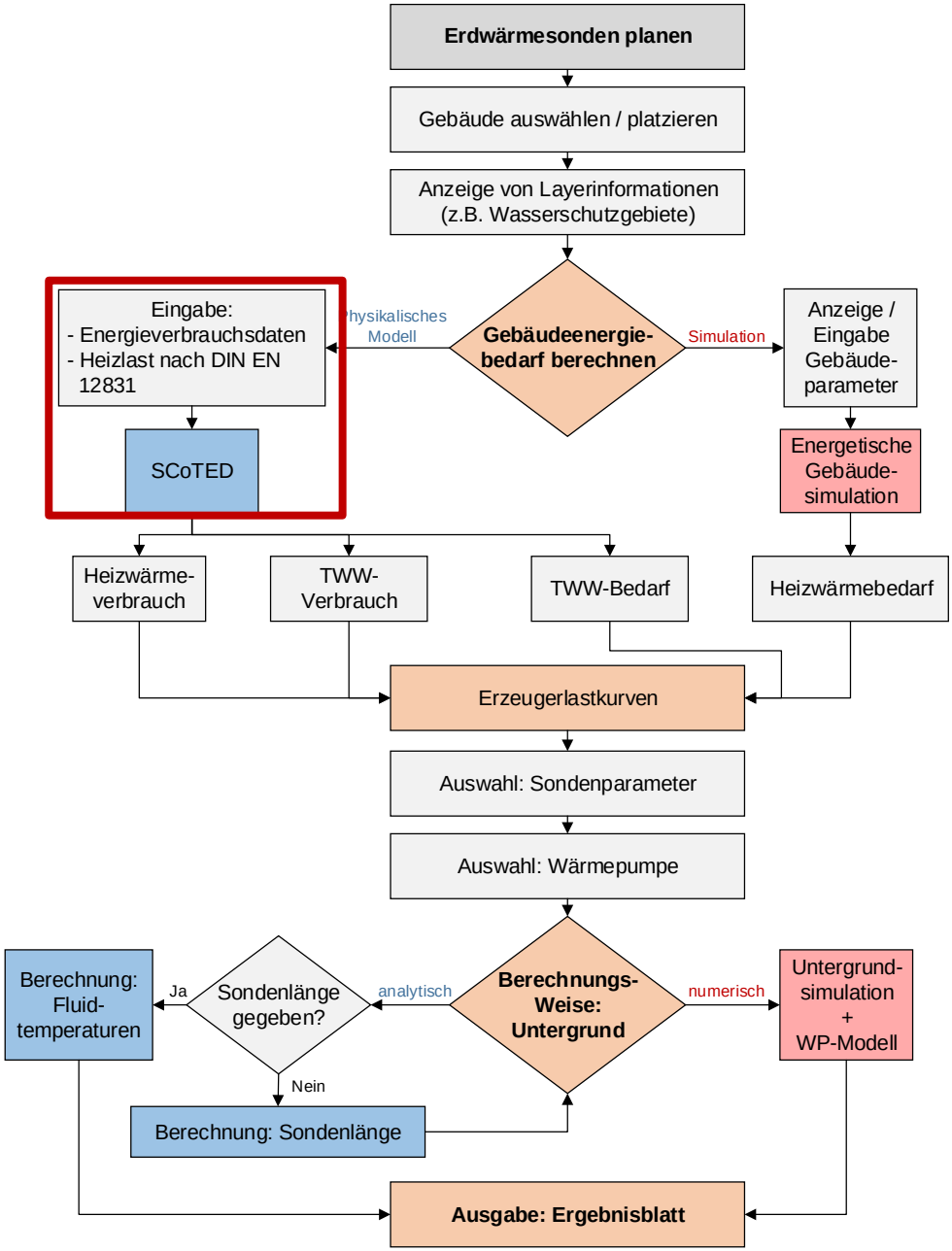
Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Online-Simulation (CFD, 3D)
- Plug-in für FEFLOW (Offline-Simulation)

Gebäudeenergiebedarfs-berechnung



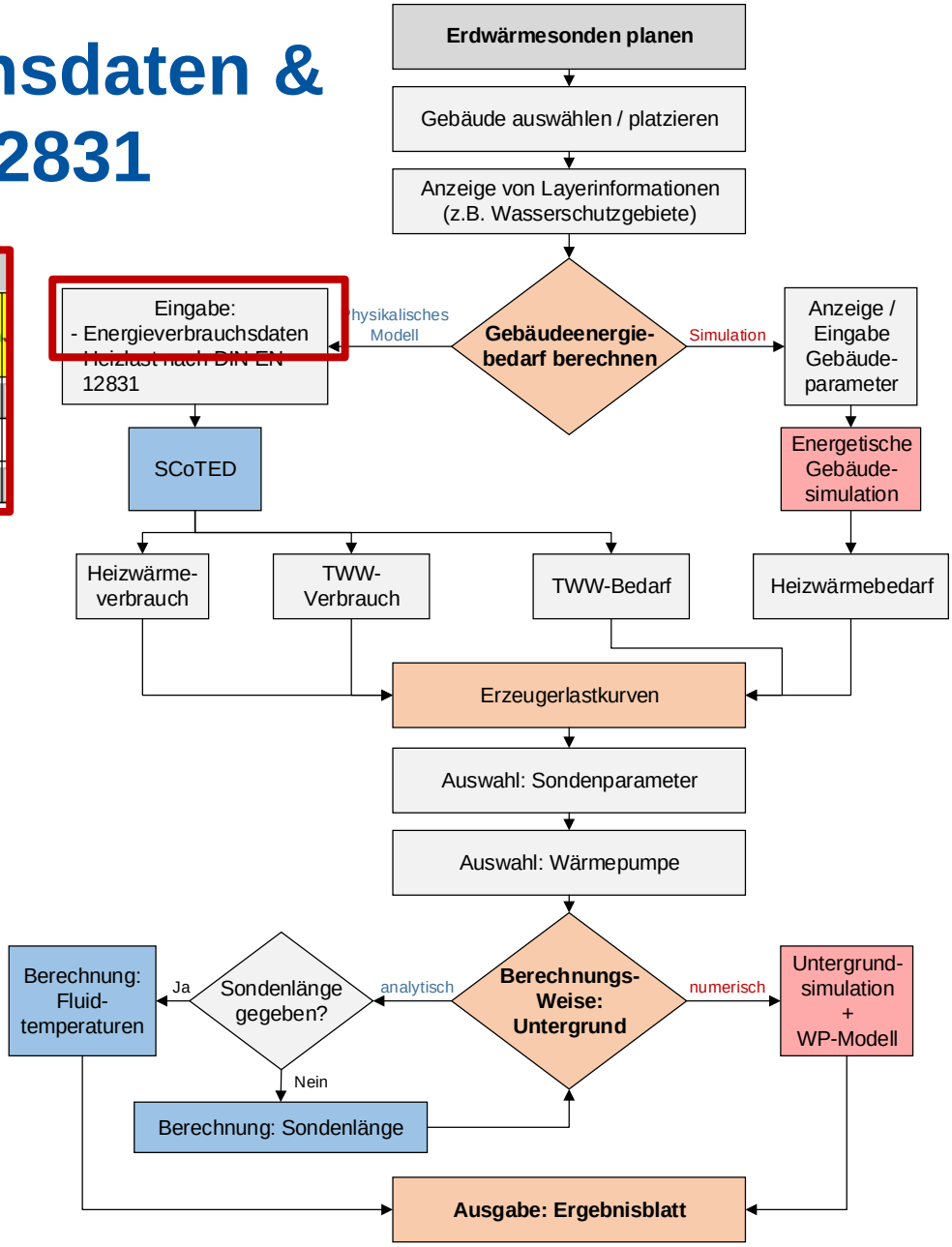
Physikalische Modelle



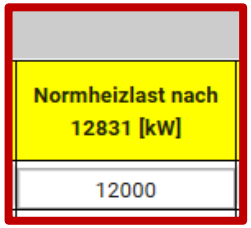
Nutzung von Verbrauchsdaten & Heizlast nach DIN EN 12831

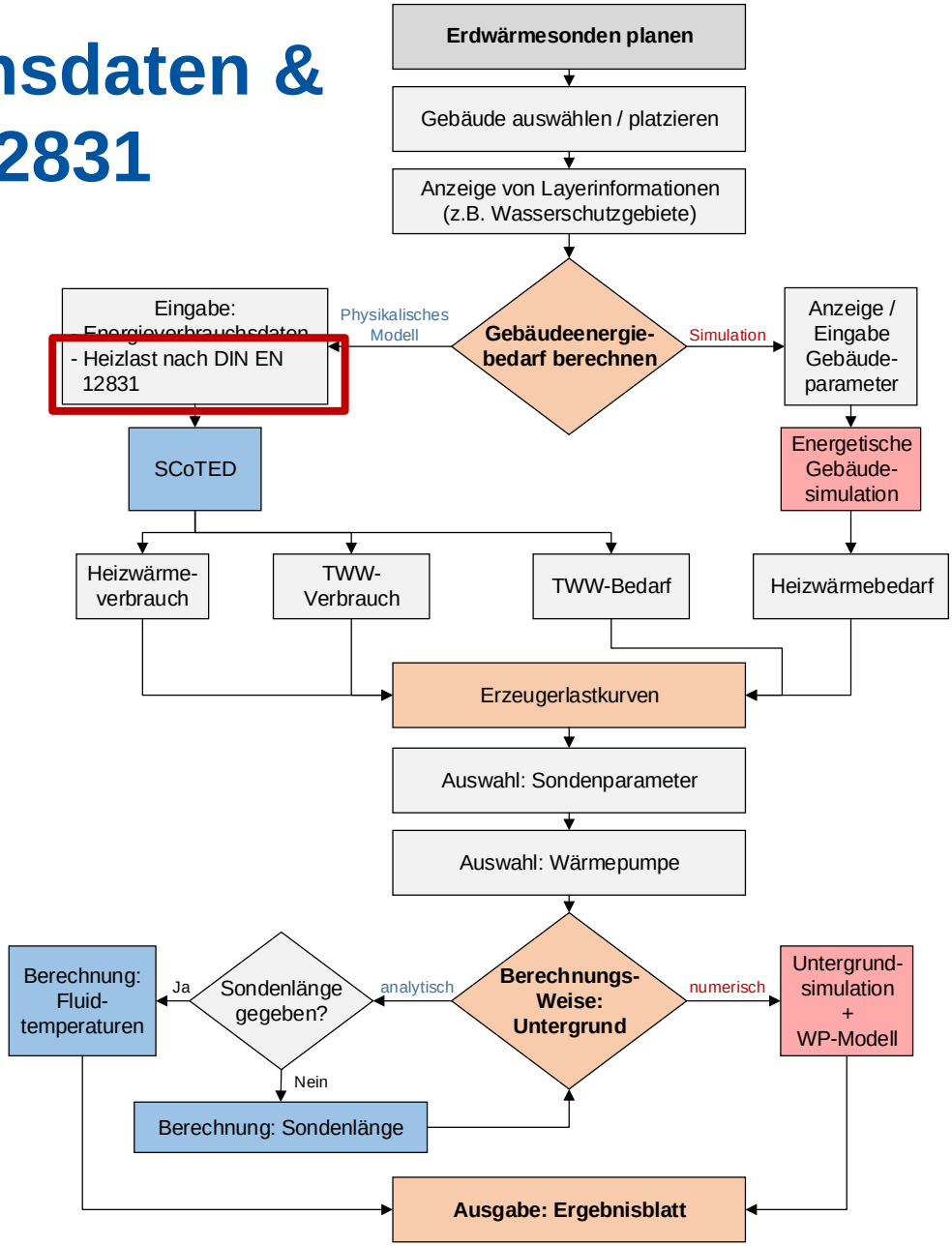
Building

	Art der Gebäudeenergiebedarfsberechnung	Art der Heizwärmelastkurve	Jahresheizenergieverbrauch [kWh]
c	Berechnung anhand von Energiev	Normal	undefined
c	Berechnung anhand der Heizlast	Normal	
c	Berechnung anhand von Energiev	Normal	undefined

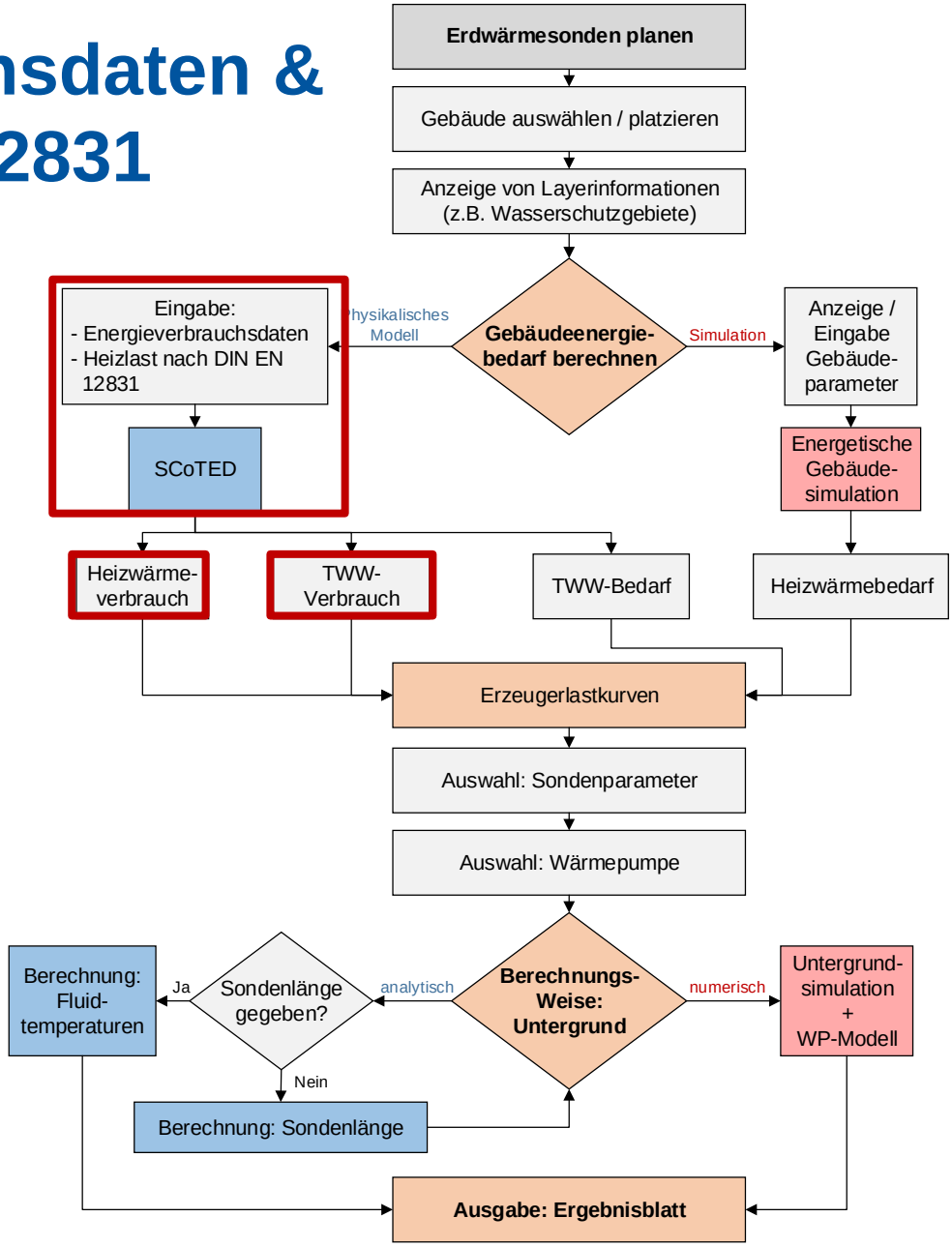


Nutzung von Verbrauchsdaten & Heizlast nach DIN EN 12831

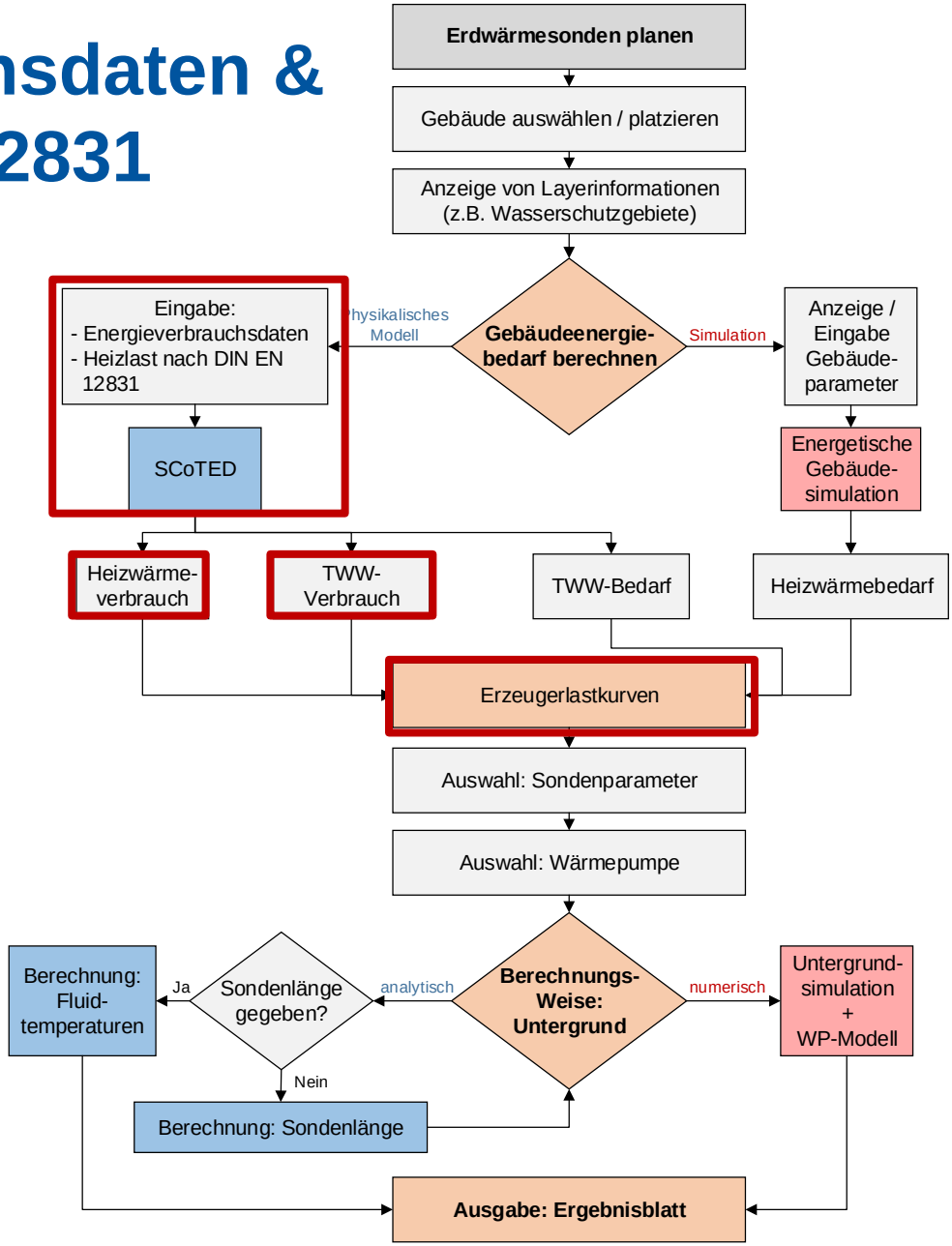




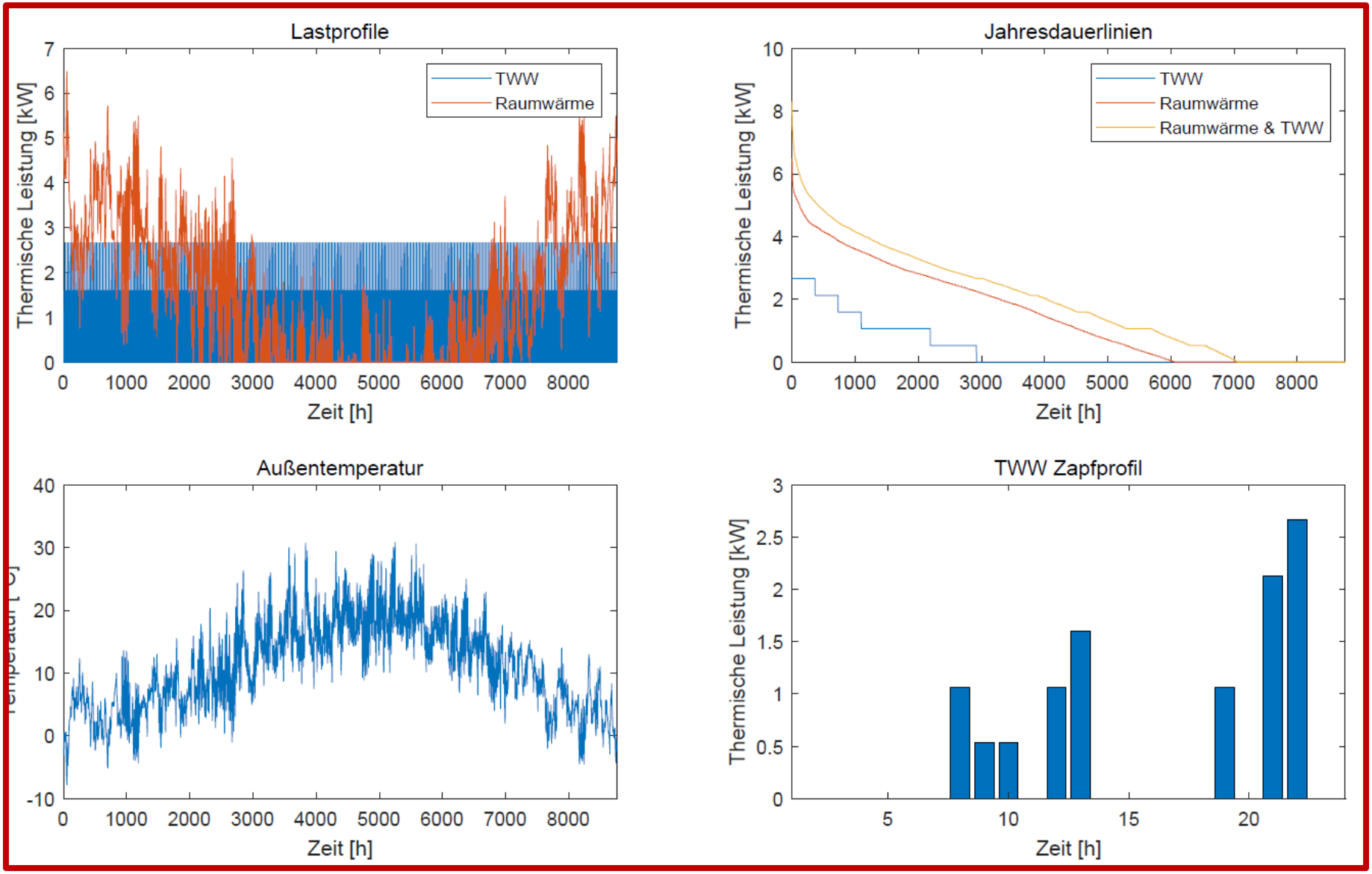
Nutzung von Verbrauchsdaten & Heizlast nach DIN EN 12831



Nutzung von Verbrauchsdaten & Heizlast nach DIN EN 12831

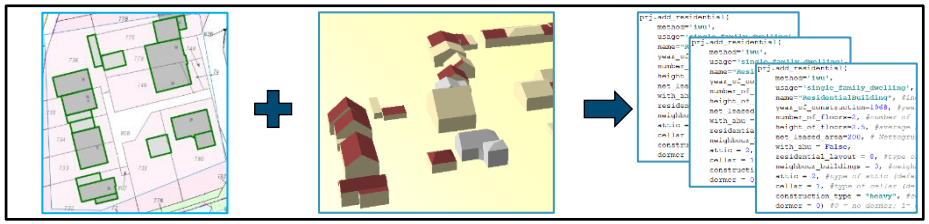


Erzeugerlastkurven



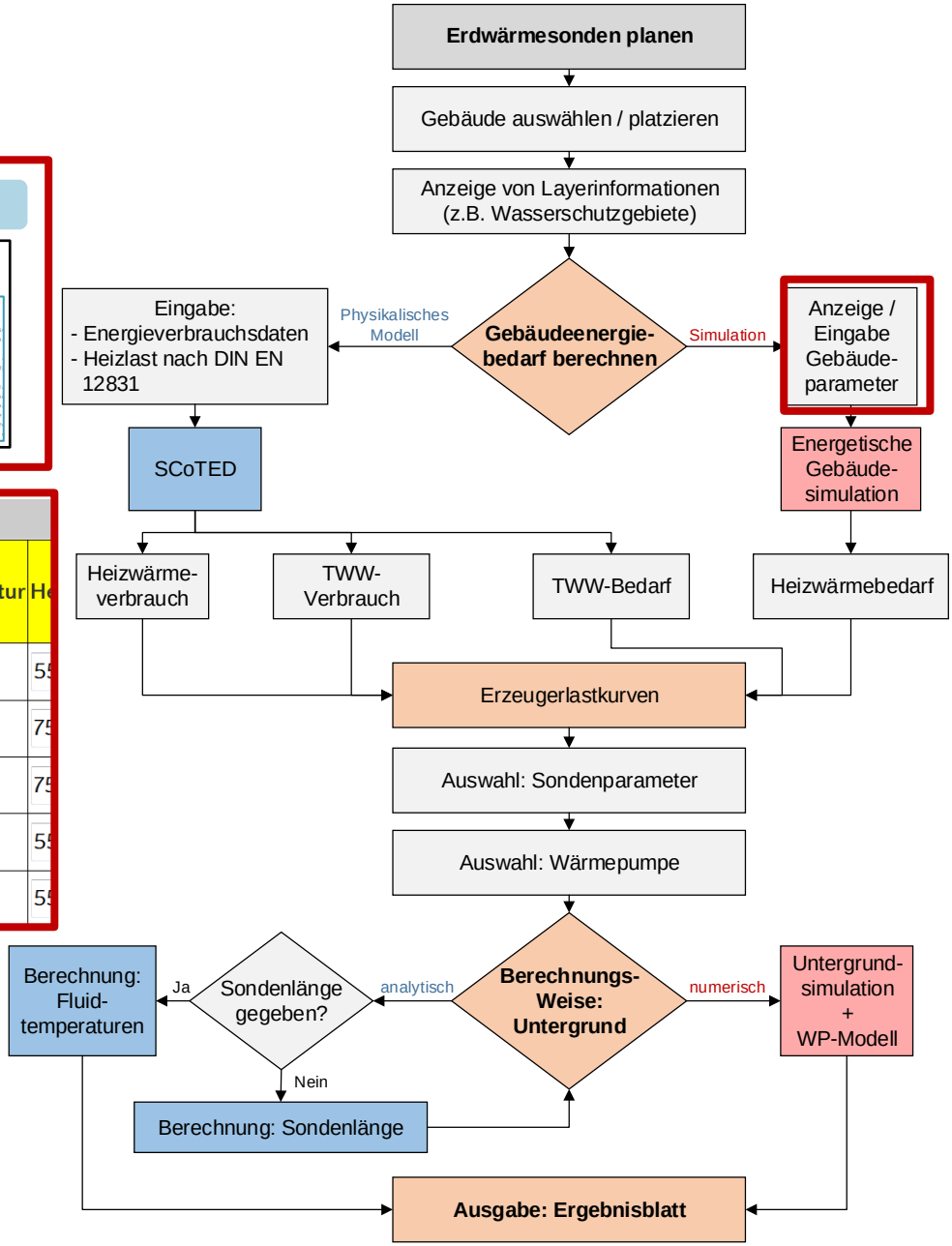
Gebäudesimulation

ALKIS-Daten | 3D-Gebäudemodelle | Parametrisierung



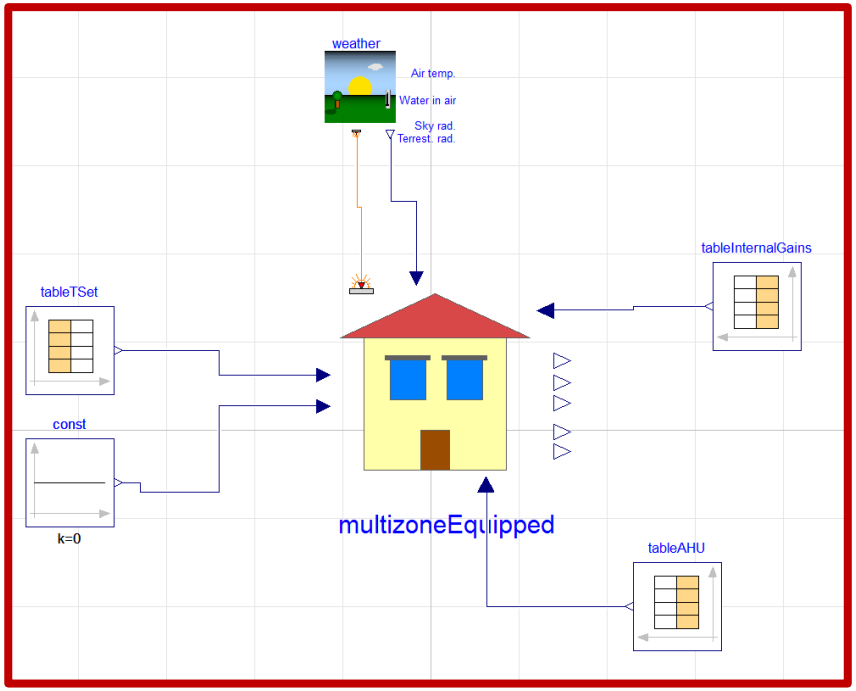
Building

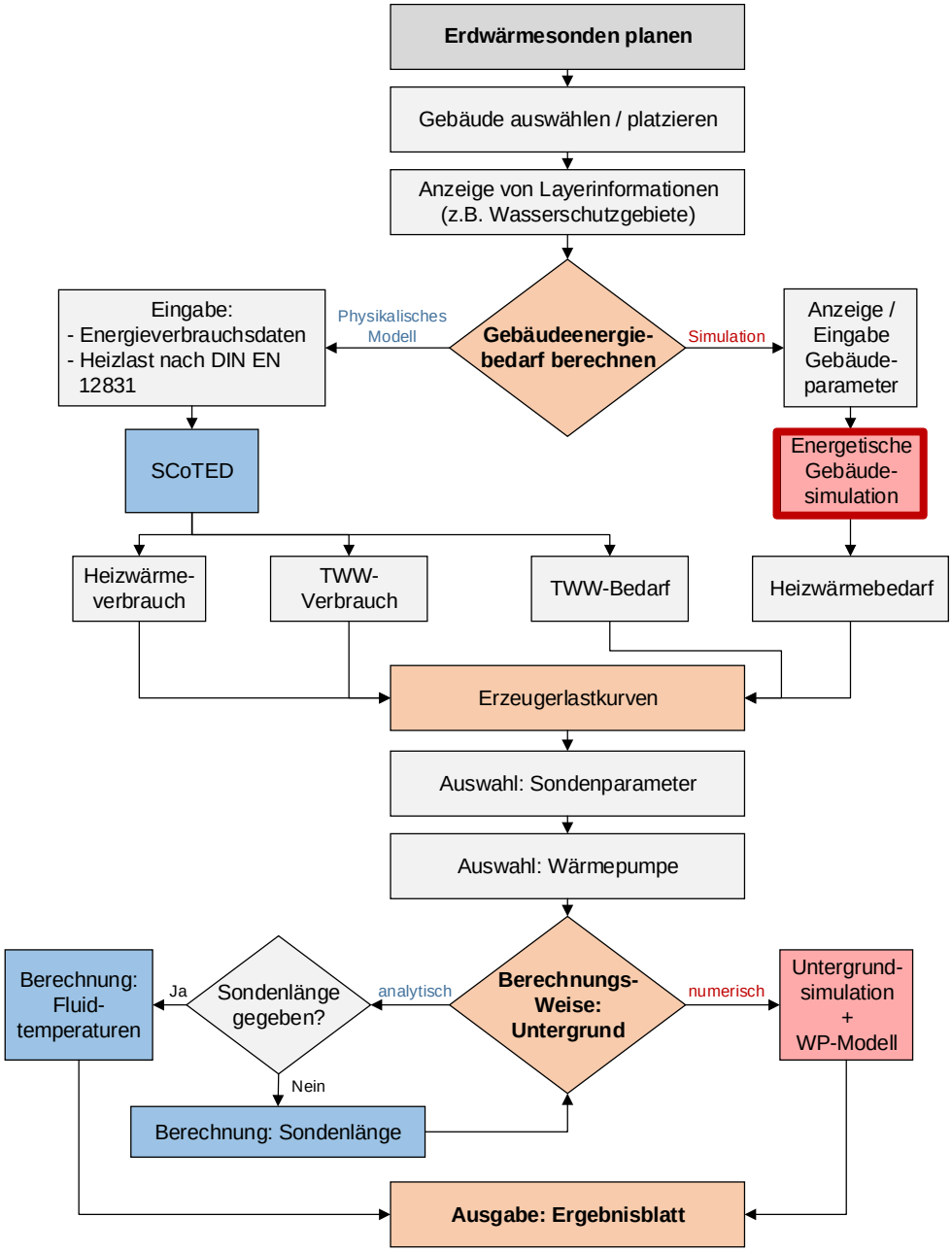
Heizsystem	Nennheizungsvorlauftemperatur [°C]	Minimale Heizungsvorlauftemperatur [°C]	He
Fußbodenheizung	35	25	55
Heizkörper (Haus saniert)	55	40	75
Heizkörper (Haus unsaniert)	65	55	75
Fußbodenheizung	35	25	55
Fußbodenheizung	35	25	55



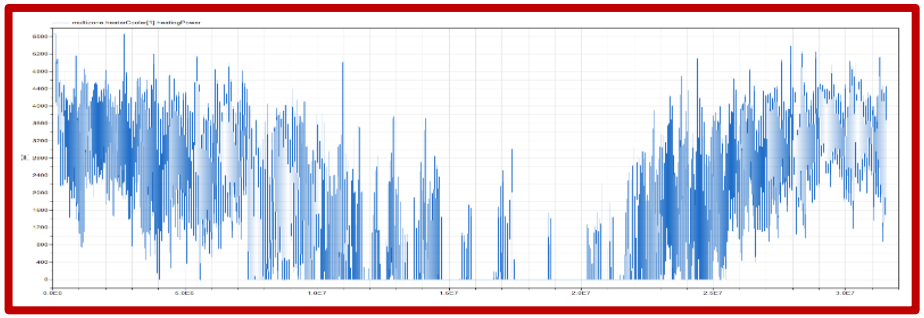
Gebäudesimulation

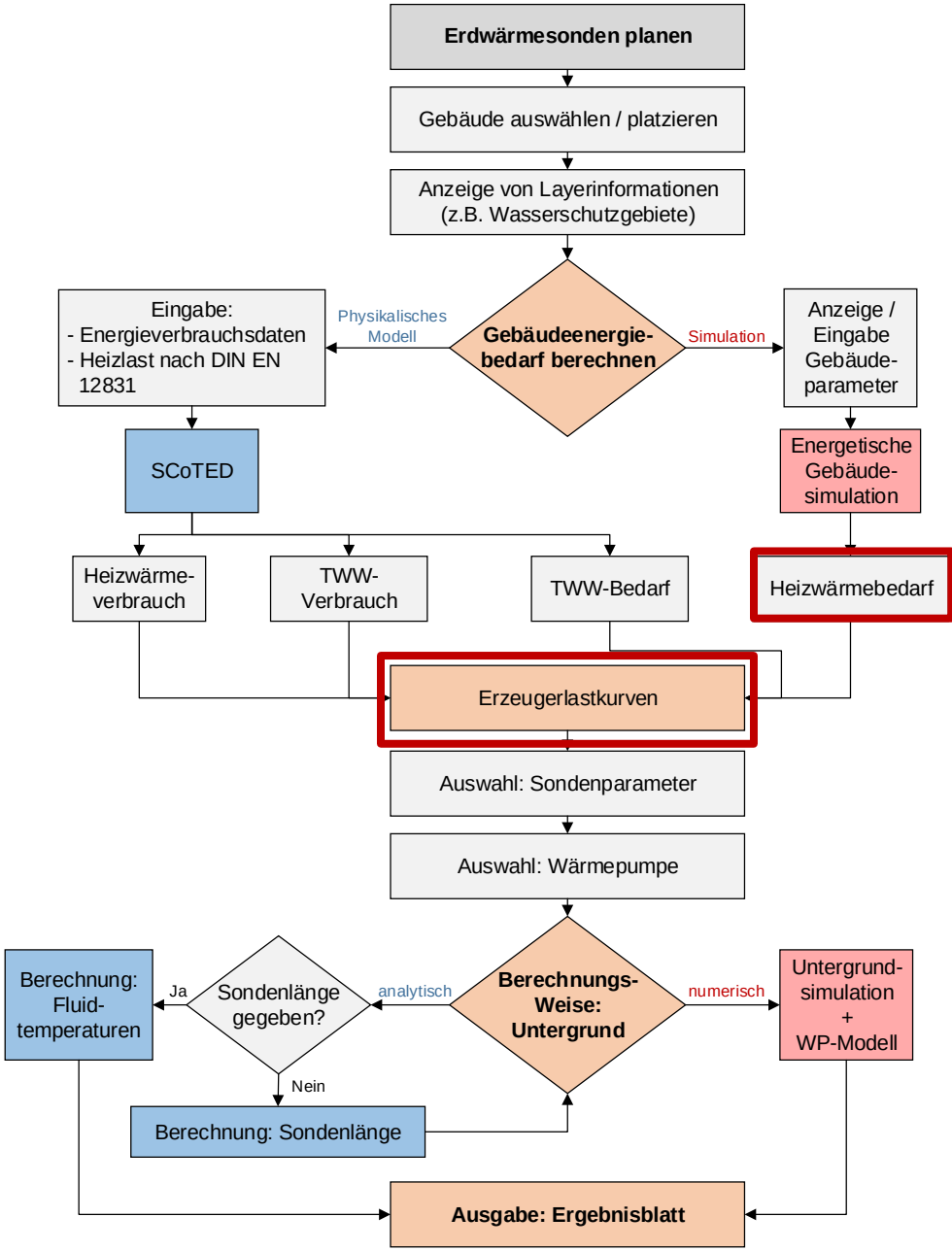
```
prj.add_residential(
    method='iwu',
    usage='single_family_dwelling',
    name="ResidentialBuilding", #in
    year_of_construction=1968, #yea
    number_of_floors=2, #number of
    height_of_floors=2.5, #average
    net_leased_area=200, # Nettogru
    with_ahu = False,
    residential_layout = 0, #type o
    neighbour_buildings = 0, #neigh
    attic = 2, #type of attic (defa
    cellar = 1, #type of cellar (de
    construction_type = "heavy", #c
    dormer = 0) #0 = no dormer; 1=
```



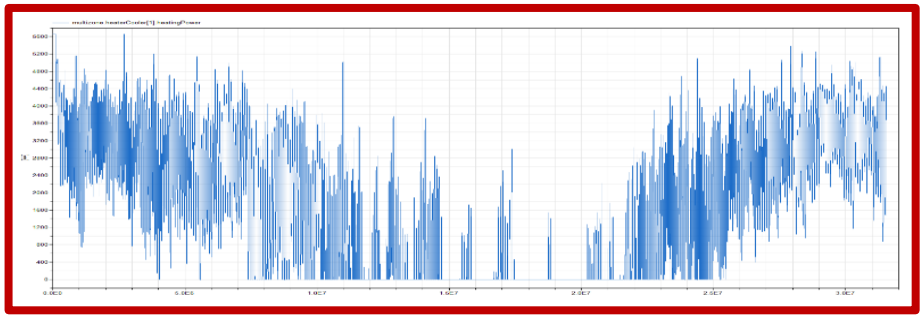


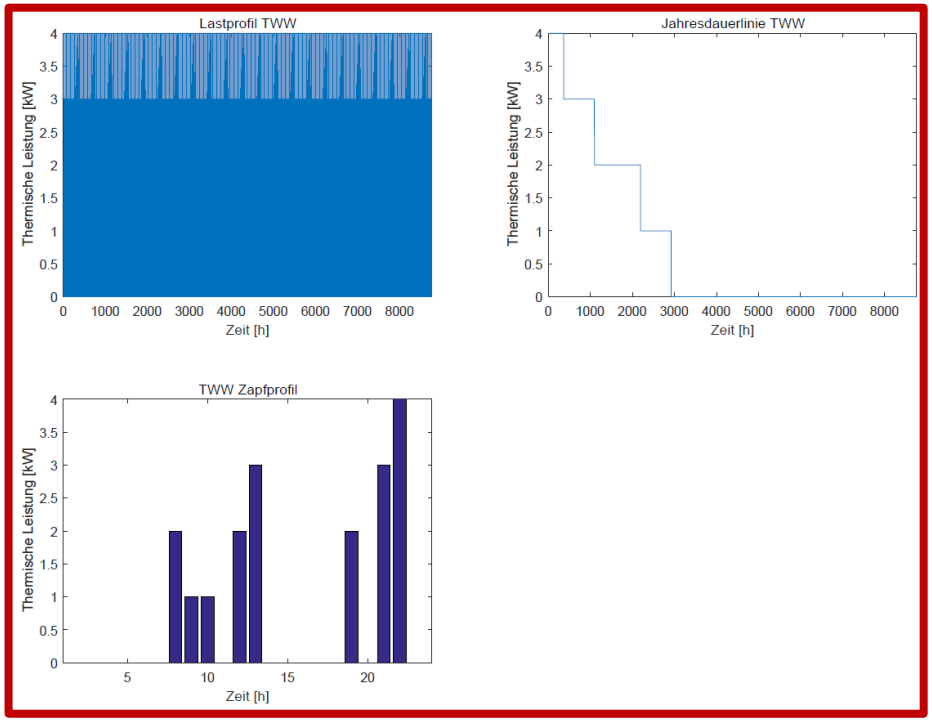
Gebäudesimulation

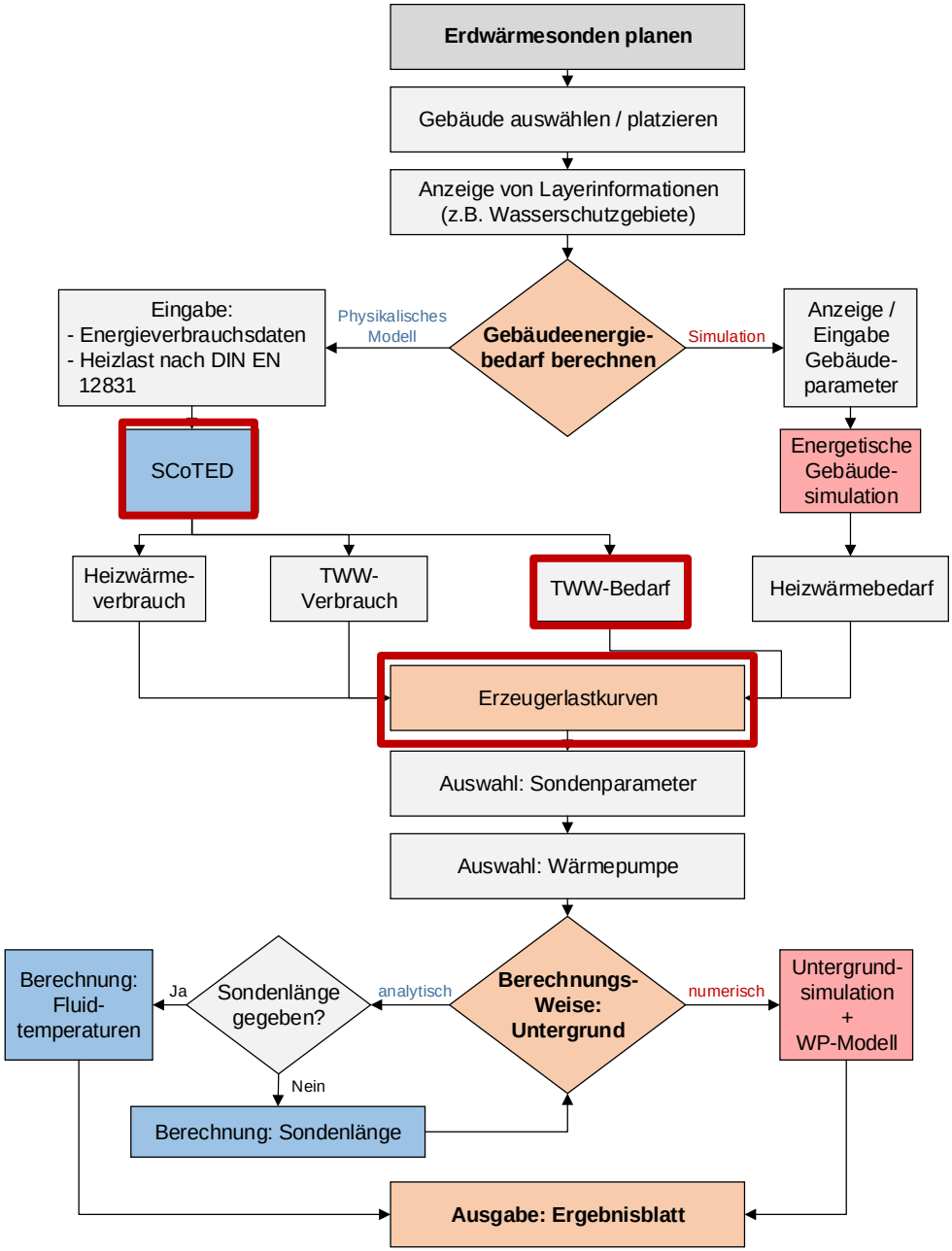




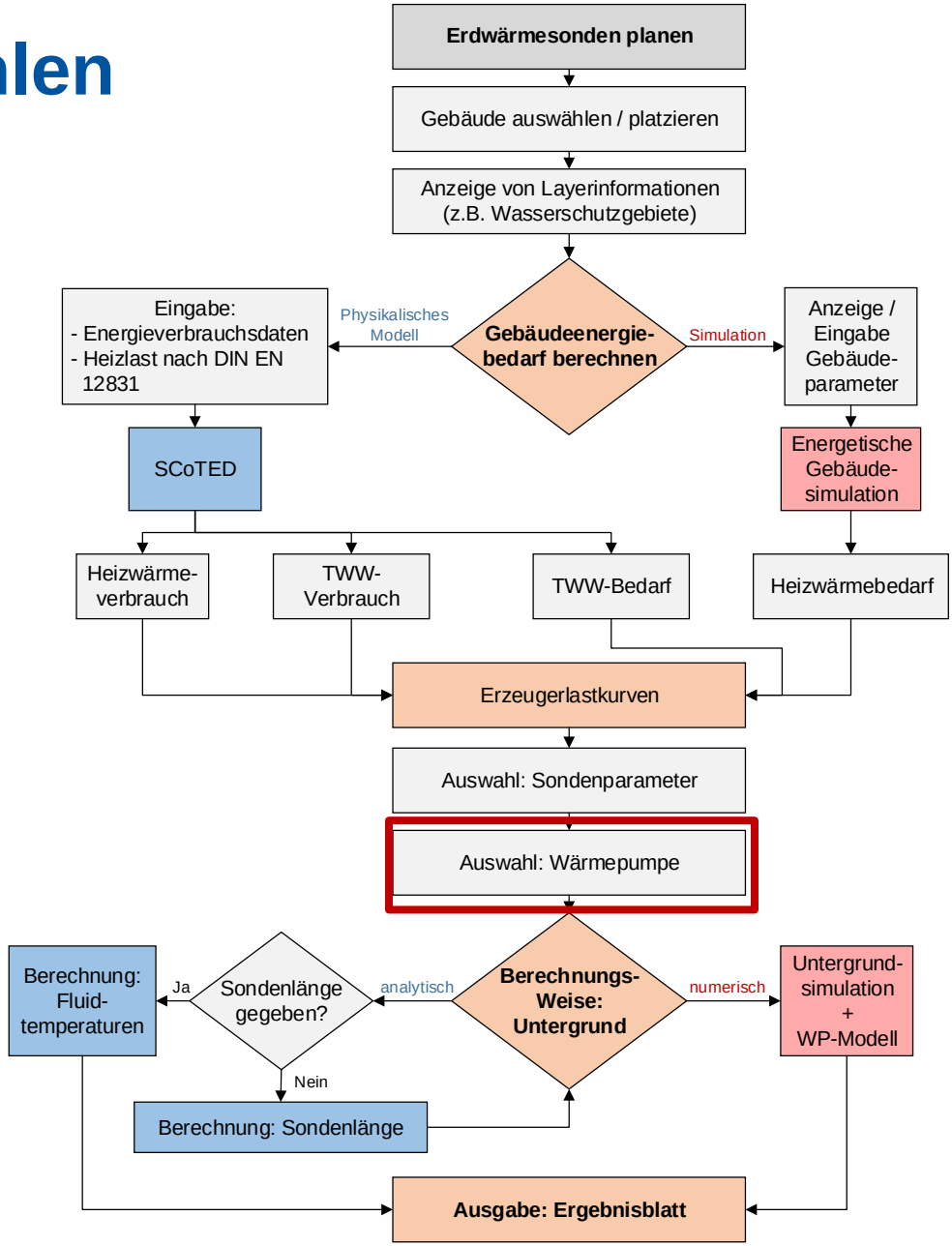
Gebäudesimulation







Wärmepumpen auswählen



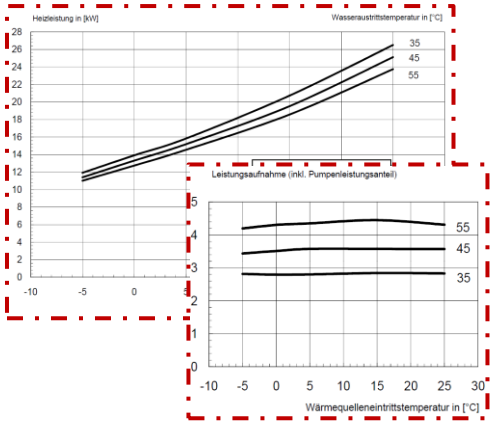
Parameter der Wärmepumpen

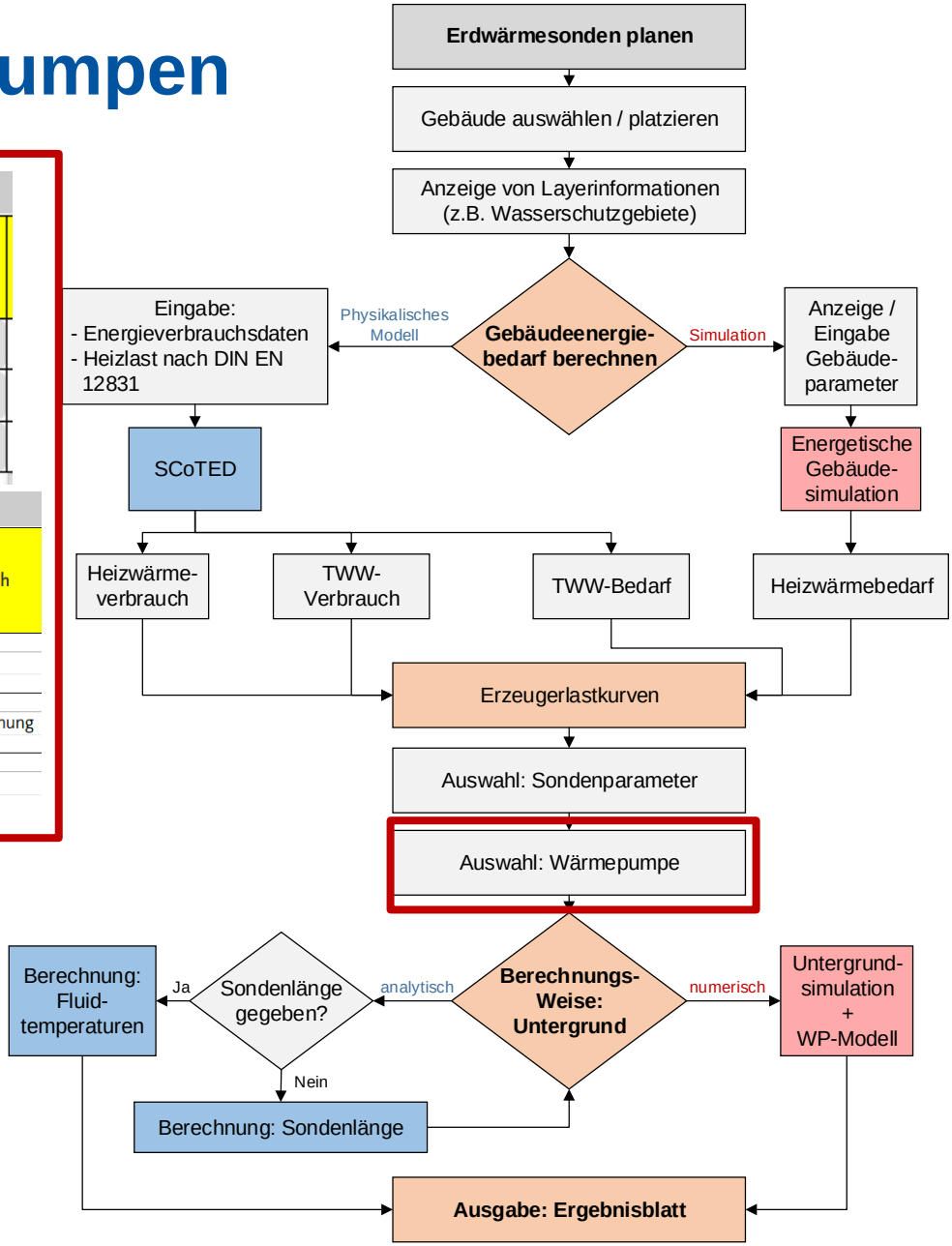
Building

Adresse		ID	Angeschlossene Wärmepumpe
Borchertstraße 40 a	c	656420	undefined
Borchertstraße 40	c	661433	HP02
Borchertstraße 42	c	660687	undefined

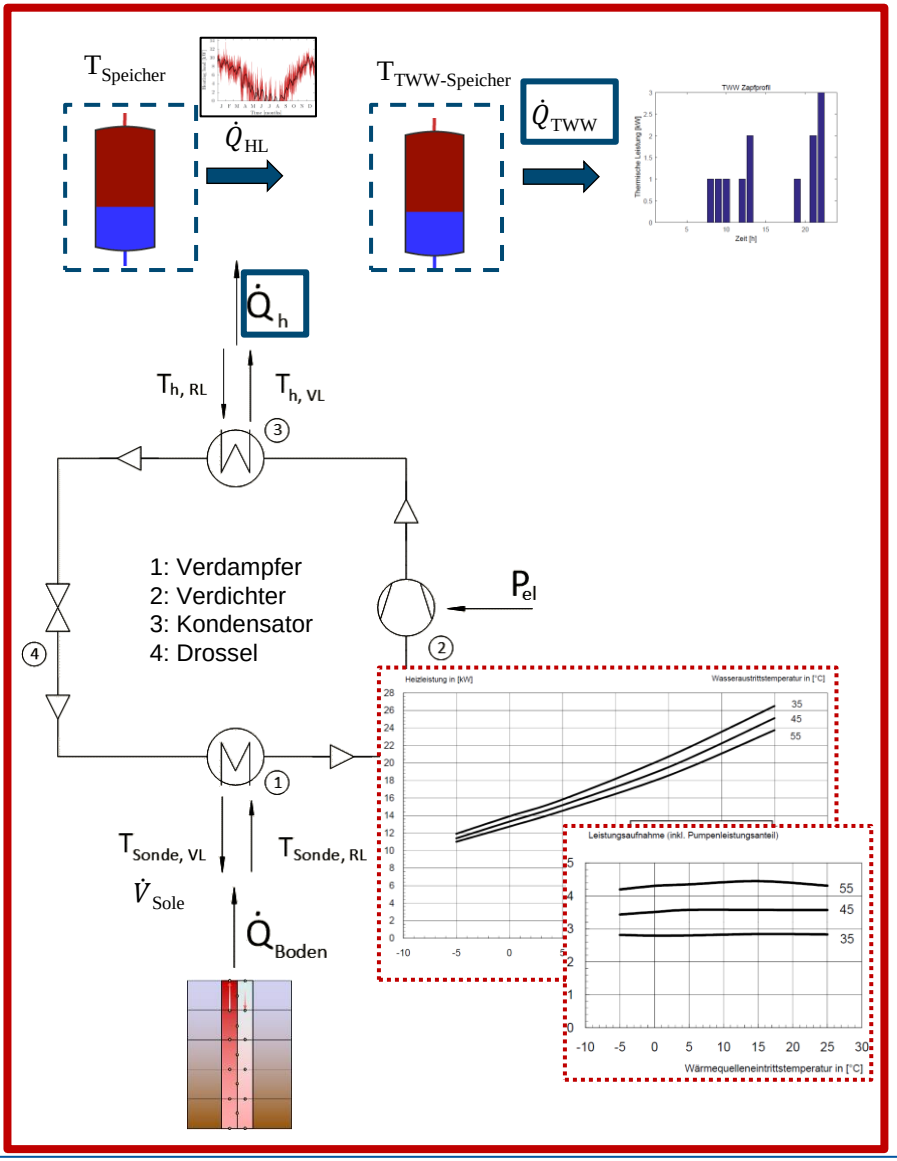
Heat Pump

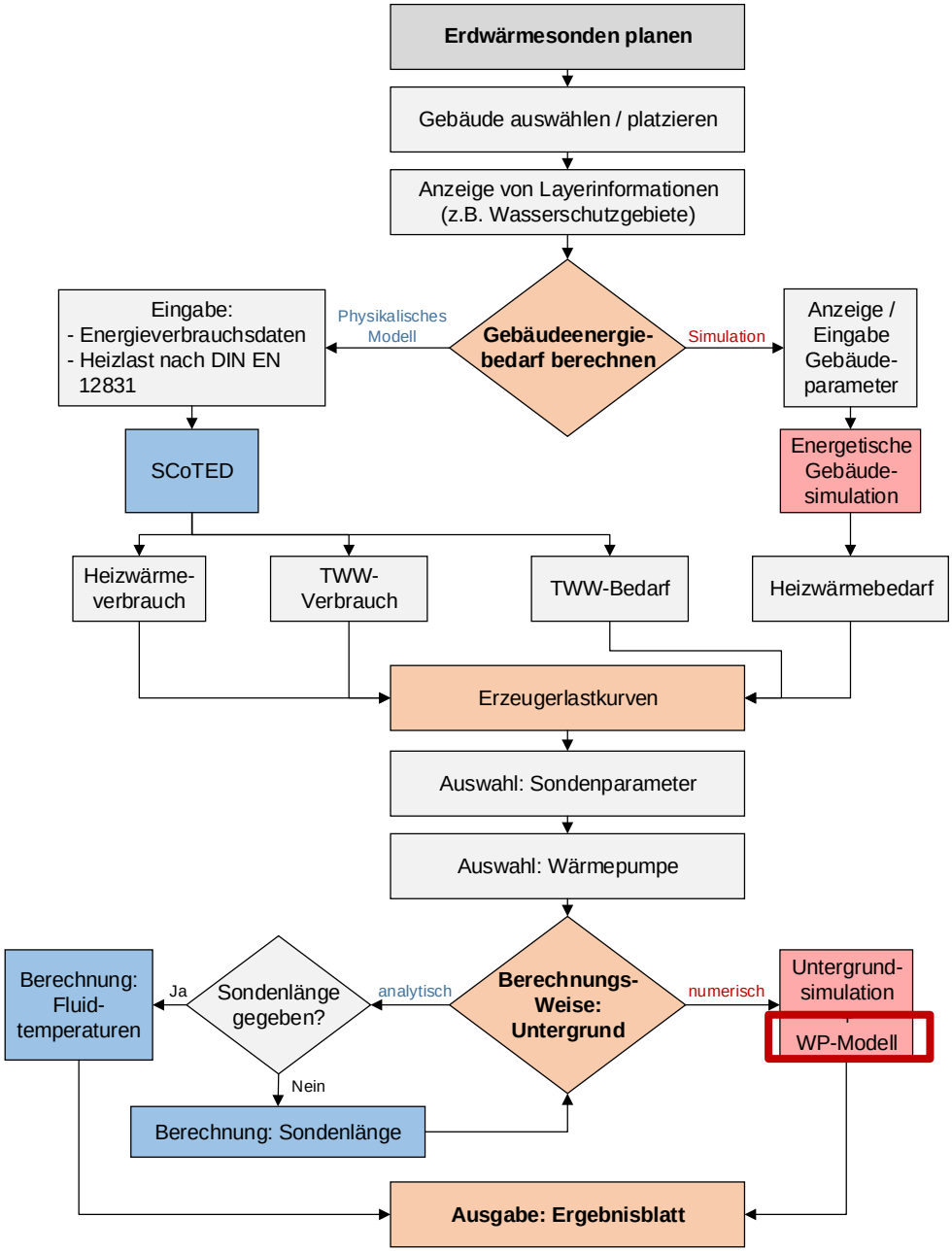
ID	name	Betriebsweise	Einsatzbereich
HP01	WPF 10 M Parameter einblenden	monovalent	Heizung
HP02	WPF 16 / WPF 16 cool Parameter einblenden	monovalent	Heizung+Trinkwassererwärmung
HP03	WPF 20 Parameter einblenden	monovalent	Heizung





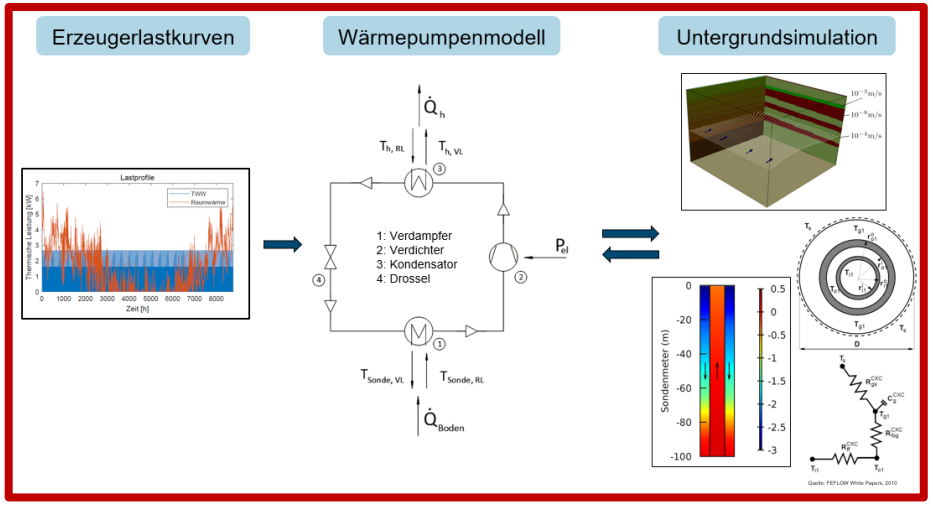
Wärmepumpenmodell

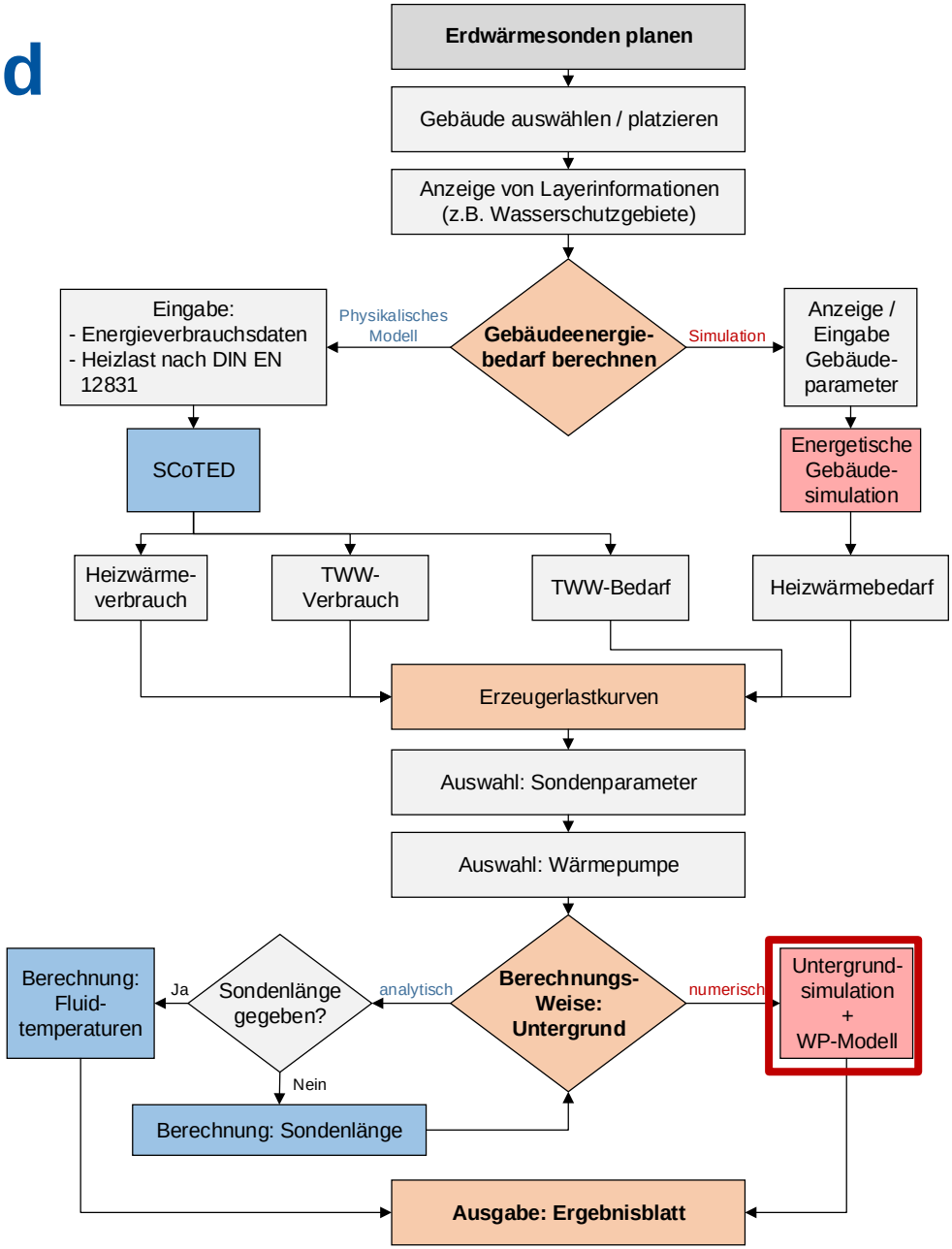




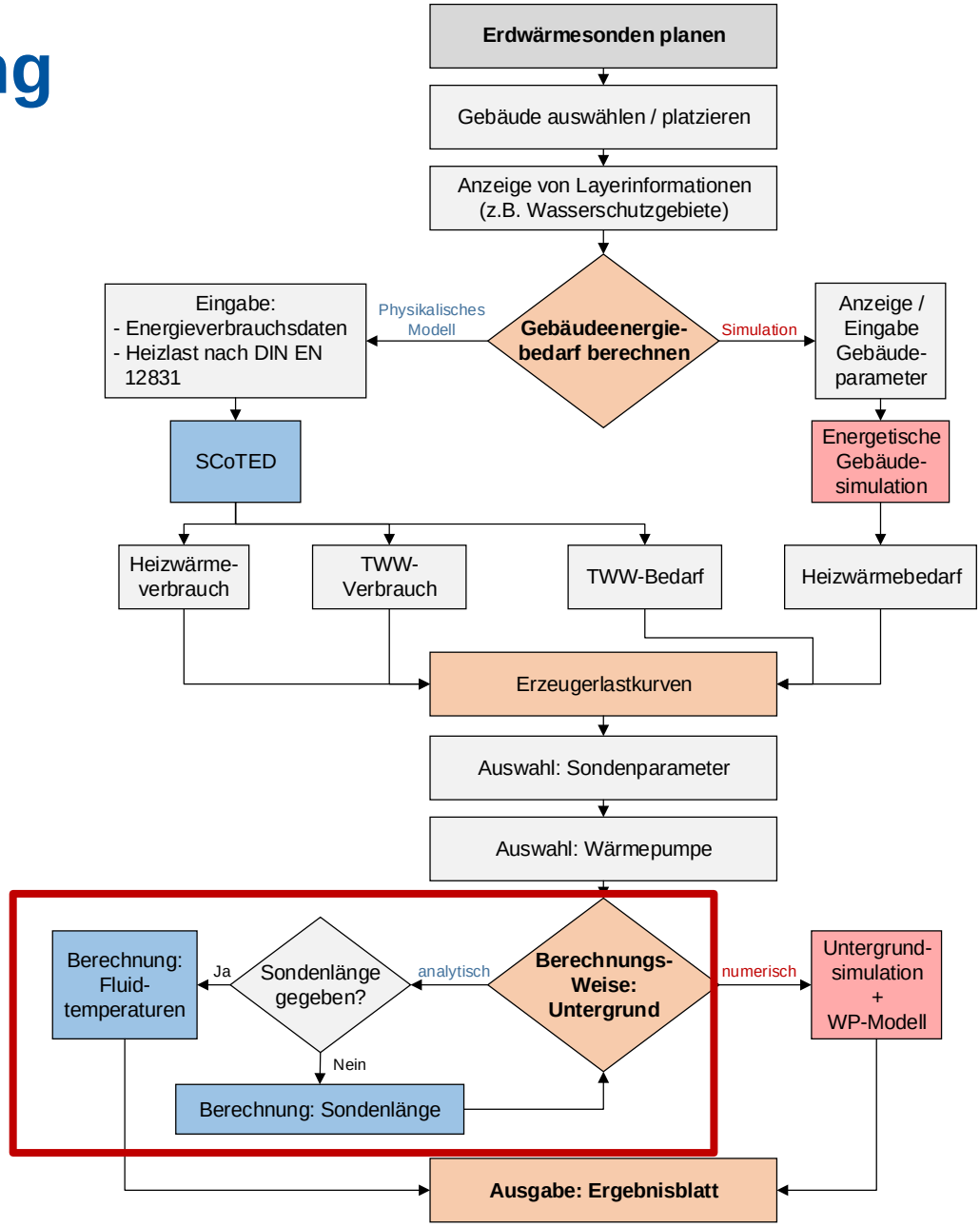
Kopplung Gebäude- und Untergrundsimulation

- Beide Modelle in C++
- Direkte Integration in das Untergrundmodell
- Optimiert auf Rechenzeit





Untergrundberechnung

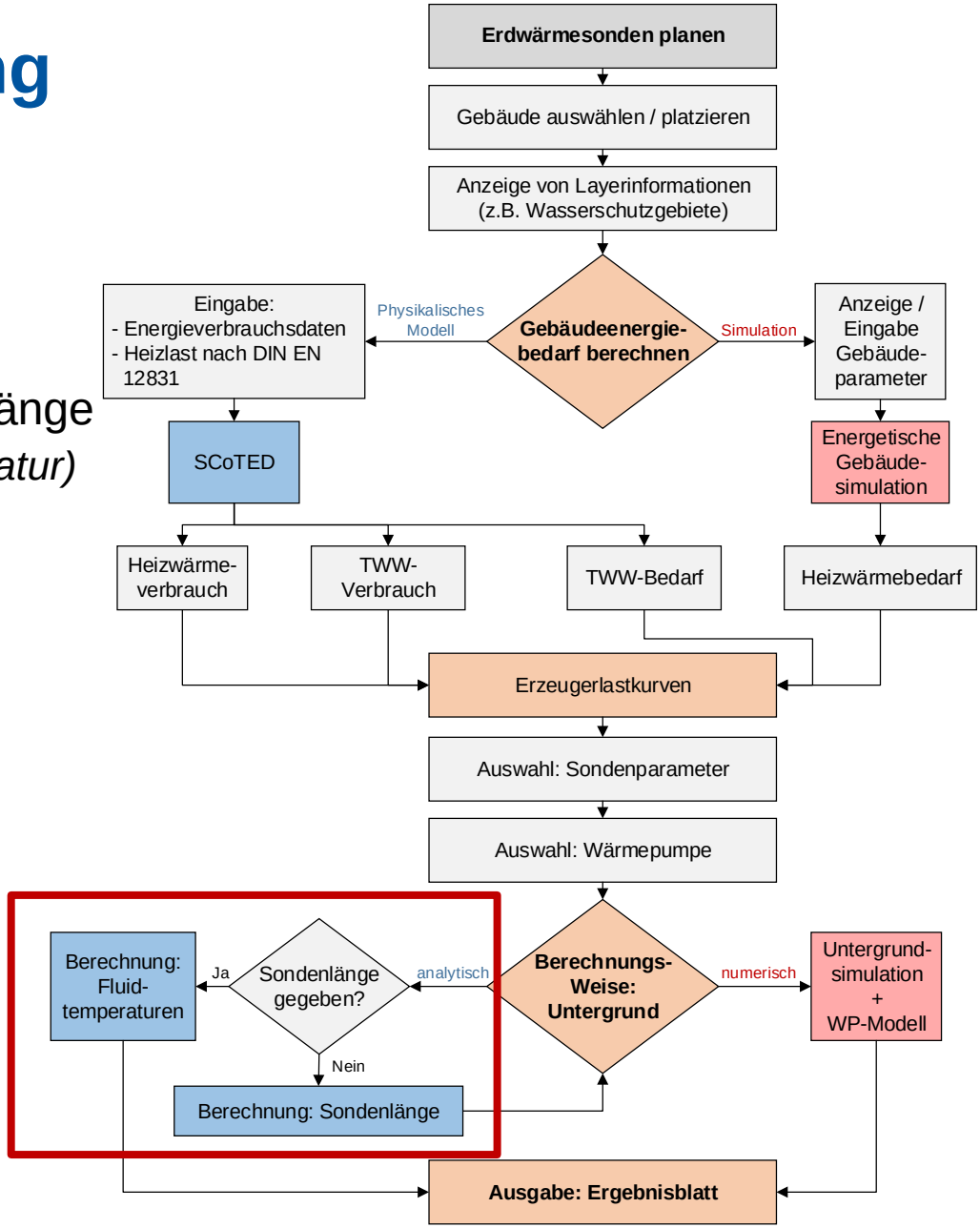


Untergrundberechnung

Ergebnisse:

a) Berechnung der Soletemperaturen *(vorgegebene EWS-Länge)*
b) Ermittlung der erforderlichen EWS-Länge bzw. Anzahl *(vorgegebene Fluidtemperatur)*

Vorteile:
- Einfache Handhabung
- Kurze Rechenzeiten
- Geringer Modellierungsaufwand

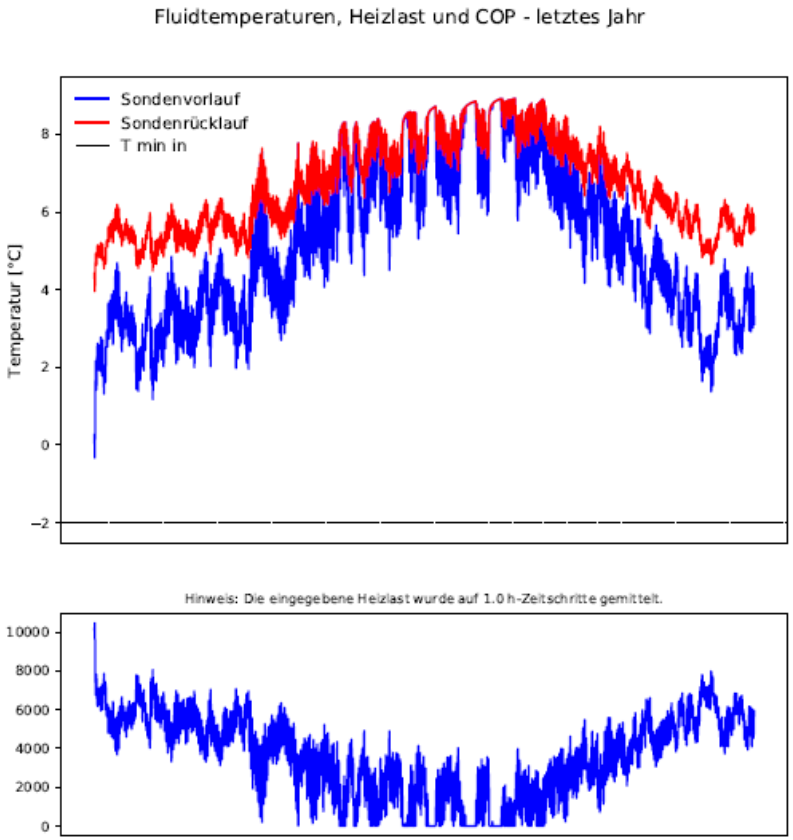


Verwendete Methode in gängigen Planungsprogrammen wie:

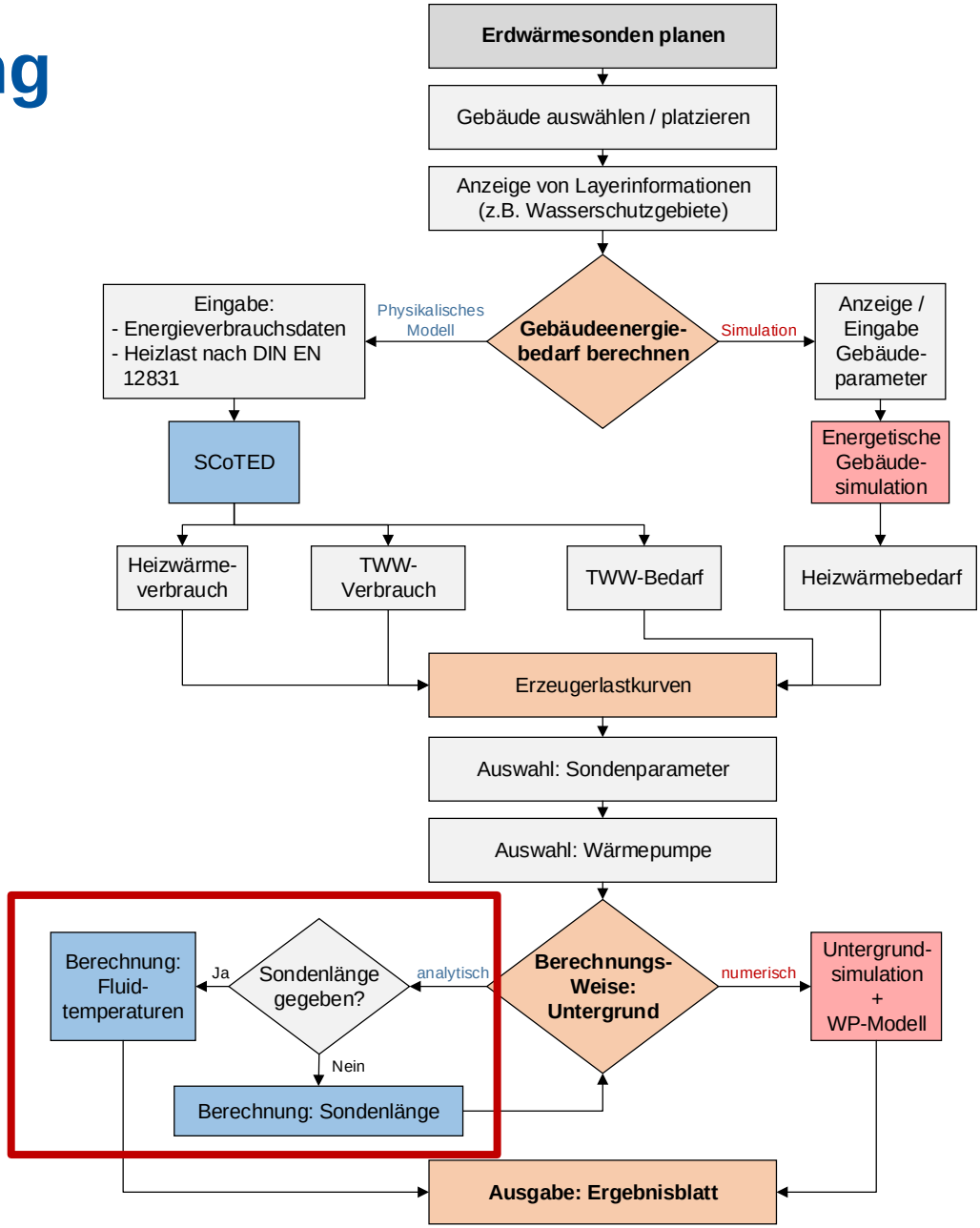
- Earth Energy Designer (EED)
- EWS
- Tempfeld
- GWP
- Ground Loop Designer (GLD)

Untergrundberechnung

Ergebnisse: Fall a)

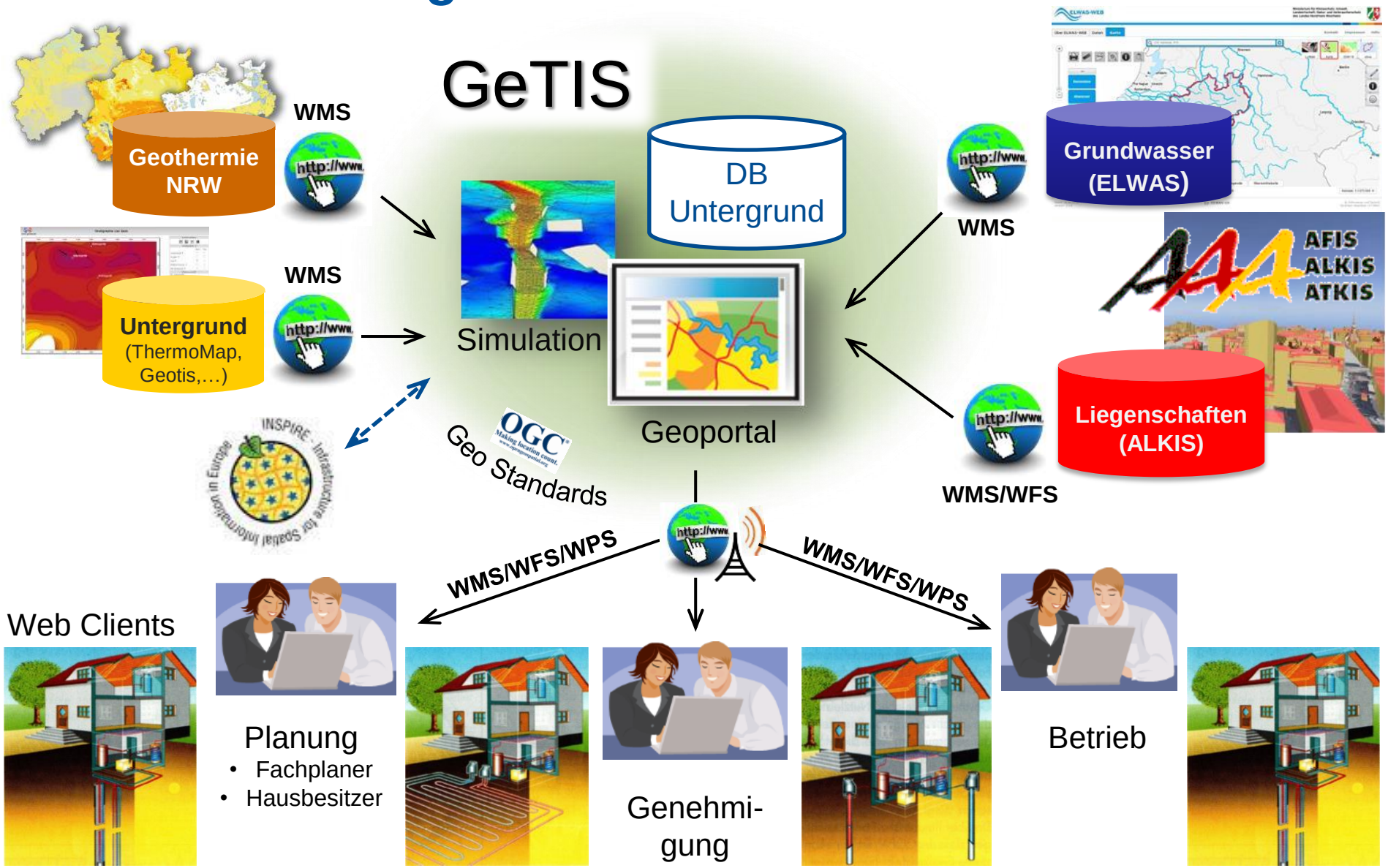


Ausschnitt Ergebnisdatei

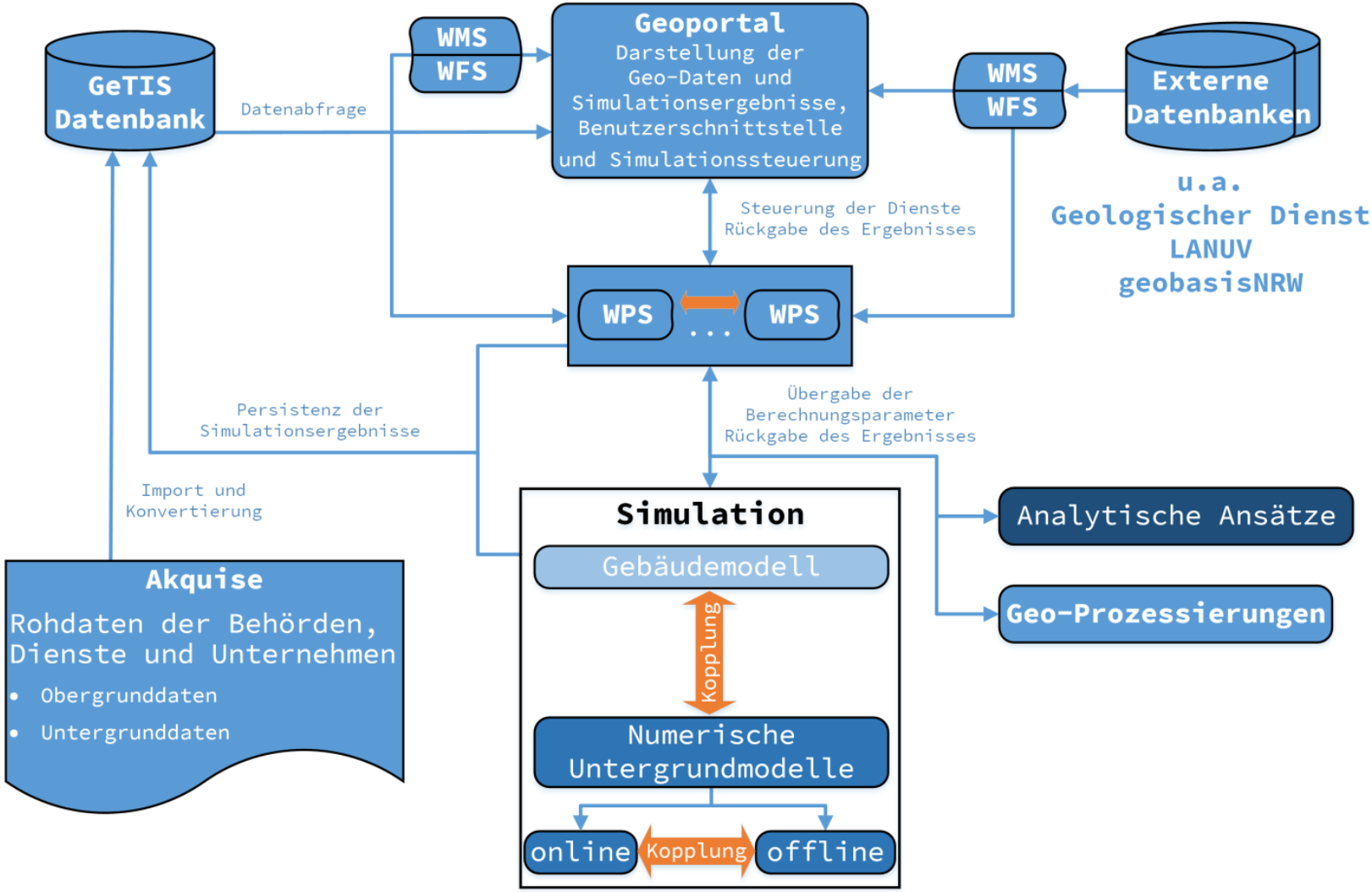


Geoportal und Datenbank

GeTIS: Lösungsansatz



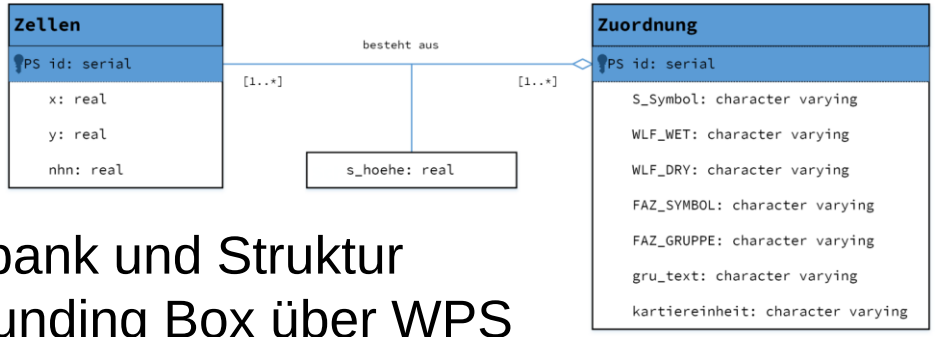
Flussdiagramm



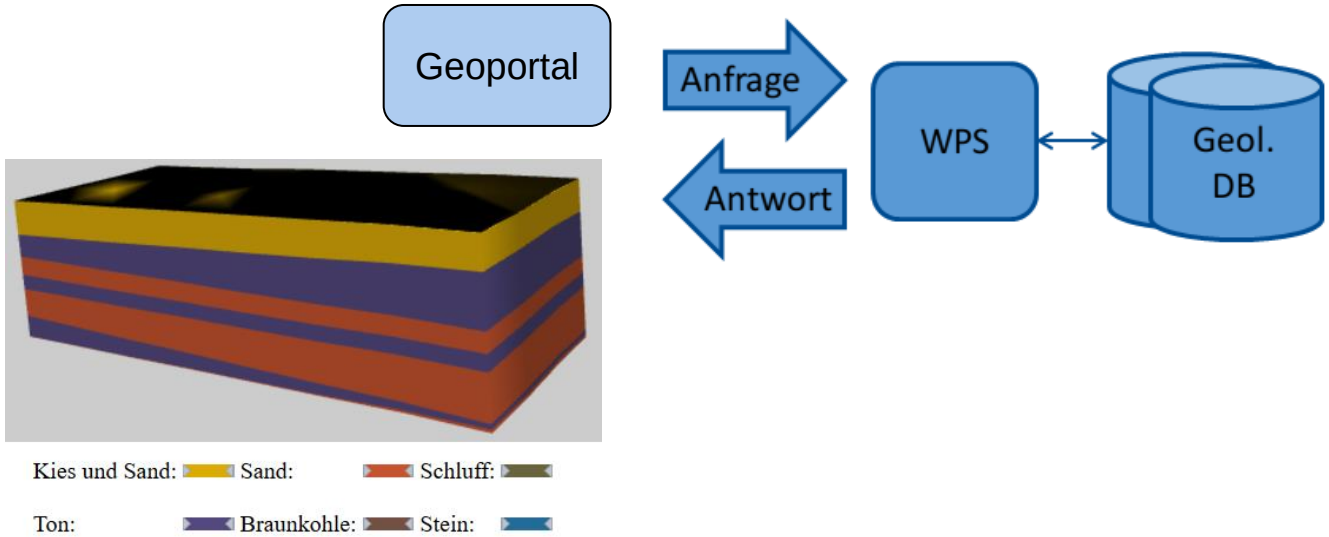
Geoportal mit Schnittstellen

- **Basiskarten als WMS**
  WebAtlasDE, ATKIS / ALKIS
- **Daten Dritter als WMS und/oder WFS:**
  ALKIS, GD, LANUV, Orthophotos, Grundwassergleichen, Zensus-Baujahr mit Gliederung der Dienste in der Oberfläche
- **Bidirektionale Verbindung zur GeTIS-Datenbank:**
  CityGML, Geologie, Bauwerkssimulation, Wärmepumpen, Sonden, Sondenparameter
- **Nutzer- und Sessionsverwaltung**
- **Anbindung von Grundwasserdaten**
- **Eingabemasken für die Simulatoren:**
  Bauwerkssimulation, Gebäude, Sonden, Wärmepumpen und Verknüpfungen mit Sprachwahl, Tooltips, Kühlmittelwahl, Abhängigkeiten von Eingabewerten und Auswahllisten
- **Austauschformate für die Simulatoren (XML / GML):**
  Bauwerkssimulation, Sonden, Wärmepumpen und Verknüpfungen, Grundwasserdaten, Klimadaten
- **Verknüpfung mit den Simulatoren mittels WPS**
- **In Vorbereitung: Nutzerführung**

Geologische Schichtenverteilung



- Bezug vom Geologischen Dienst NRW
- Speicherung in eigener Datenbank und Struktur
- Zugriff durch Angabe einer Bounding Box über WPS
- Visualisierung im Browser mit WebGL
- Aufbereitung zur Weitergabe an die Simulatoren in XML-Dokument



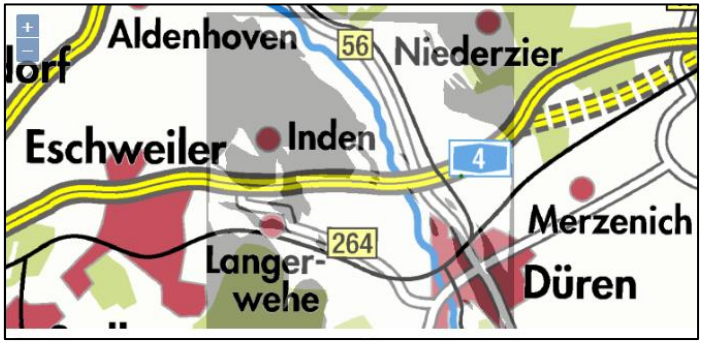
Anbindung von Grundwasserdaten

GW_OSTW_2015_Spline

fid	GRAY_INDEX
	114.05302429199219

- Auslesen des GeoTIFFs der Grundwasserkarte, das durch WMS bereitgestellt wird

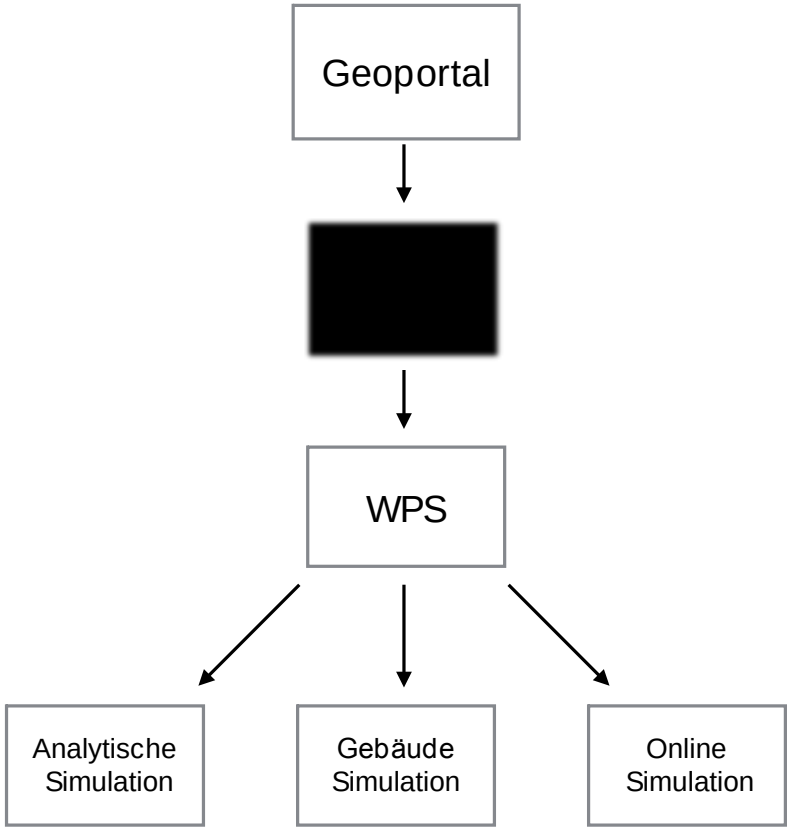
- Bibliothek GeoTIFFParser (JavaScript) ermöglicht Auslesen von Werten in GeoTIFF-Dateien
  - Benötigt wird Punktgeometrie



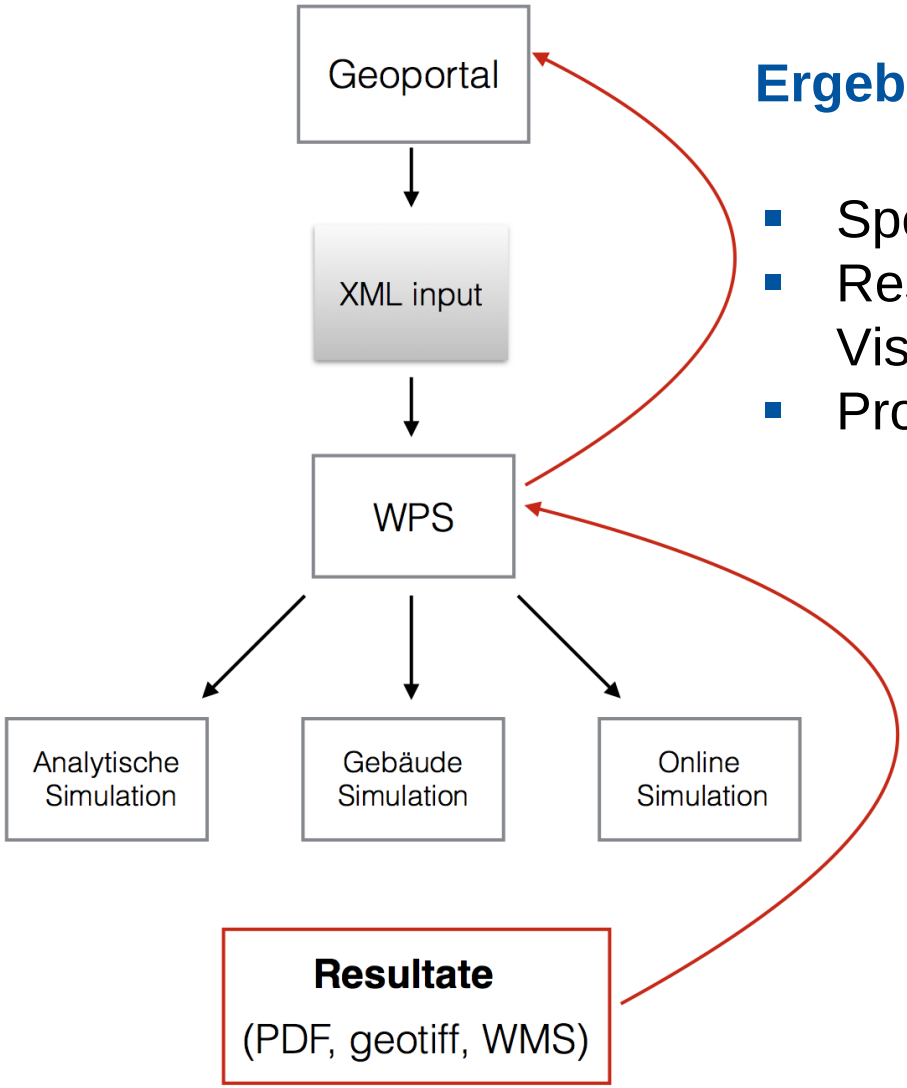
- Auslesen am Rand des Untersuchungs-gebietes zur Übertragung an die Simulation
  - Erzeugung der gewünschten BoundingBox
  - Bestimmung zugehöriger Bildkoordinaten
  - Speicherung der Koordinaten und zugehörigen Grundwasserdaten in XML-Dokument

```
<!-- Koordinaten mit hydraulischem Potential-->
<ground_water:data>
    <ground_water:XYZ>319020 5631536 121.79185485839844 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319020 5631526 121.83955383300781 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319021 5631536 121.78791809082031 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319021 5631526 121.83564758300781 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319022 5631536 121.7840576171875 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319022 5631526 121.83177185058594 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319023 5631536 121.78018951416016 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319023 5631526 121.82785034179688 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319024 5631536 121.77626037597656 </ground_water:XYZ>
    <ground_water:XYZ>319024 5631526 121.82392883300781 </ground_water:XYZ>
```

Verknüpfung mit den Simulatoren mittels WPS



Verknüpfung mit den Simulatoren mittels WPS



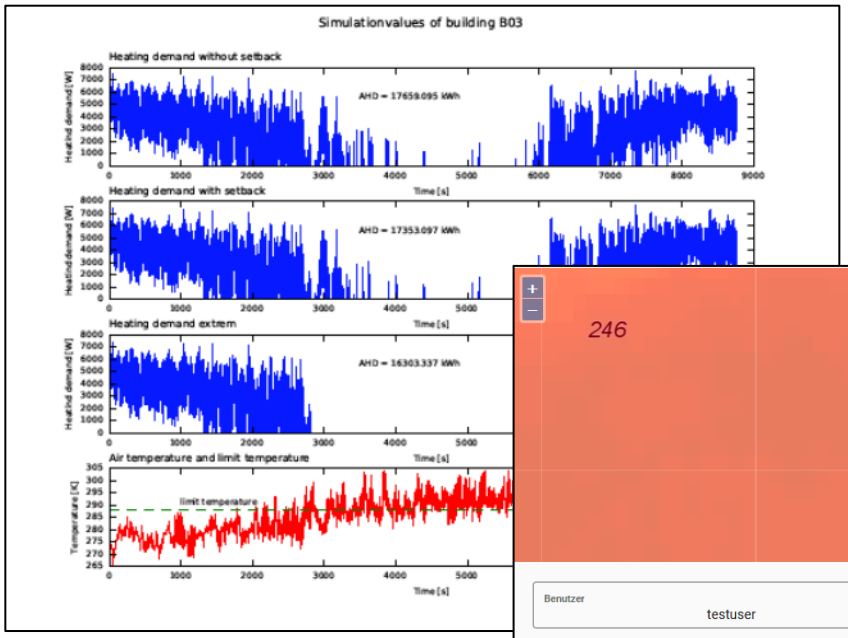
Ergebnisbereitstellung:

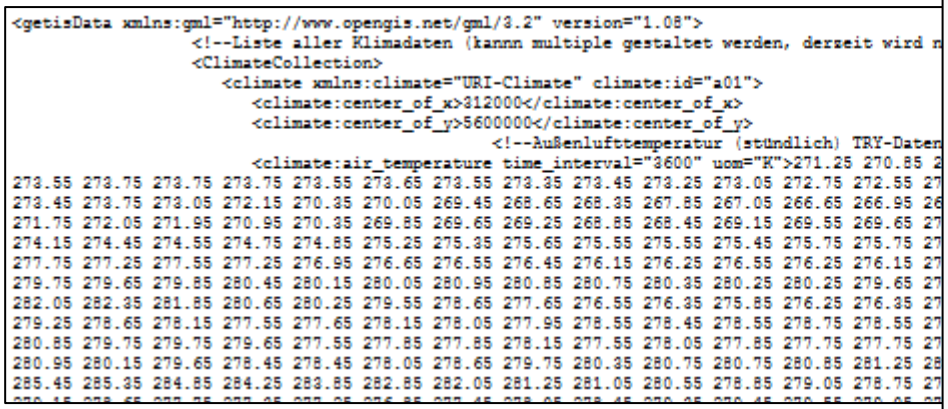
- Speicherung der Ergebisse
- Resultate vom Geoportal zur Visualisierung abrufbar
- Prozessüberwachung (Statusanzeige)

WPS zur Verknüpfung mit den Simulatoren

Resultate im Geoportal

- als pdf
- als XML
- als WMS





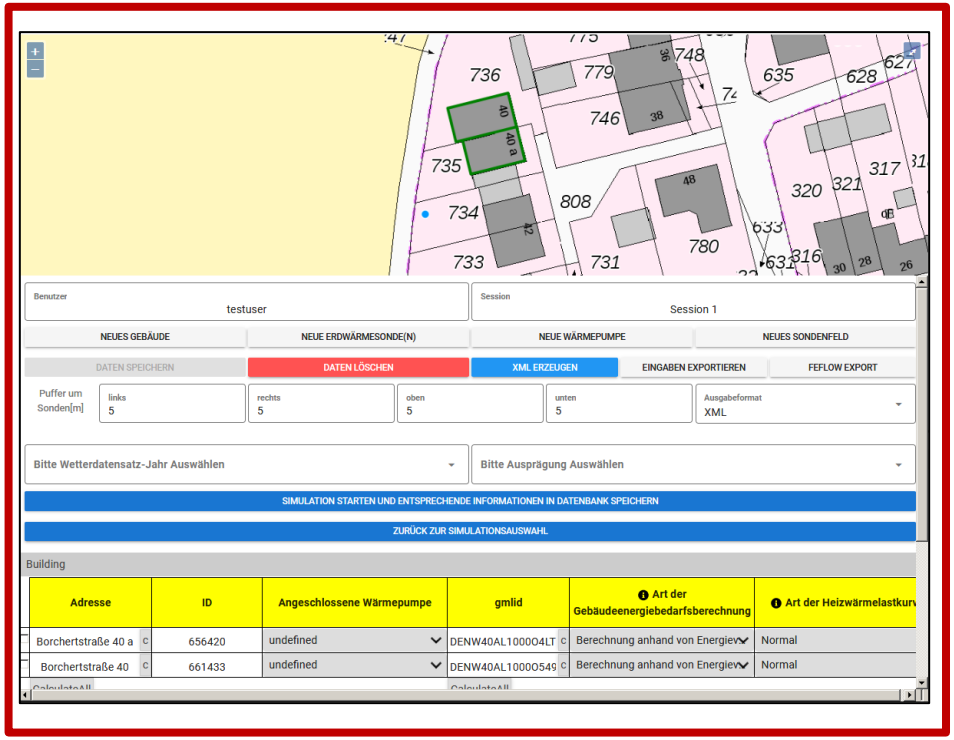
```
<getisData xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" version="1.08">
                <!--Liste aller Klimadaten (kannn multiple gestaltet werden, derzeit wird n
                <ClimateCollection>
                   <climate xmlns:climate="URI-Climate" climate:id="a01">
                      <climate:center_of_x>312000</climate:center_of_x>
                      <climate:center_of_y>5600000</climate:center_of_y>
                                                <!--Außenlufttemperatur (stündlich) TRY-Daten
                      <climate:air_temperature time_interval="3600" uom="K">271.25 270.85 2
273.55 273.75 273.75 273.75 273.55 273.65 273.55 273.35 273.45 273.25 273.05 272.75 272.55 27
273.45 273.75 273.05 272.15 270.35 270.05 269.45 268.65 268.35 267.85 267.05 266.65 266.95 26
271.75 272.05 271.95 270.95 270.35 269.85 269.65 269.25 268.85 268.45 269.15 269.55 269.65 27
274.15 274.45 274.55 274.75 274.85 275.25 275.35 275.65 275.55 275.55 275.45 275.75 275.75 27
277.75 277.25 277.55 277.25 276.95 276.65 276.55 276.45 276.15 276.25 276.55 276.25 276.15 27
279.75 279.65 279.85 280.45 280.15 280.05 280.95 280.85 280.75 280.35 280.25 280.25 279.65 27
282.05 282.35 281.85 280.65 280.25 279.55 278.65 277.65 276.55 276.35 275.85 276.25 276.35 27
279.25 278.65 278.15 277.55 277.65 278.15 278.05 277.95 278.55 278.45 278.55 278.75 278.55 27
280.85 279.75 279.75 279.65 277.55 277.85 277.85 278.15 277.55 278.05 277.85 277.75 277.75 27
280.95 280.15 279.65 278.45 278.45 278.05 278.65 279.75 280.35 280.75 280.75 280.85 281.25 28
285.45 285.35 284.85 284.25 283.85 282.85 282.05 281.25 281.05 280.55 278.85 279.05 278.75 27
```

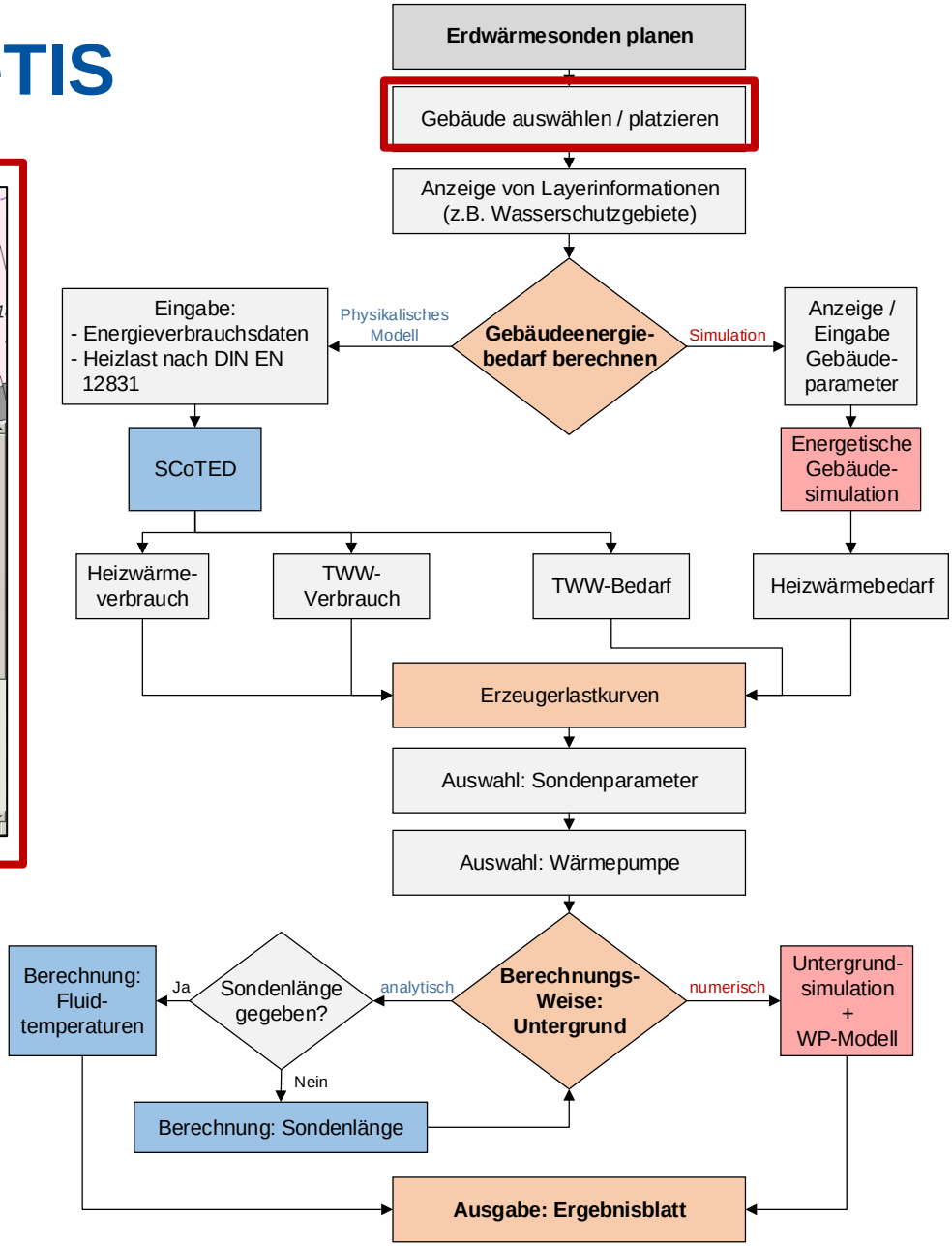
WPS zur Verknüpfung mit den Simulatoren

Zusammenfassung

- Physische Trennung von Geoportal und Simulationsrechnern
- Asynchrone Verarbeitung
- Skalierbarkeit (Parallele Verwendung mehrerer Rechner für denselben Simulationstyp)
- Prozessierung im Hintergrund, d.h. die Ergebnisse stehen auch bei Verlassen des Portals zur Verfügung
- Benachrichtigung bei Verfügbarkeit der Ergebnisse (z.B. per Email) (in Planung)
- Dauerhafte Speicherung der Simulationsergebnisse
- Wiederverwendung von Konfigurationen für weitere Simulationen
- Weiterverwendung von Simulationsergebnissen für Folgesimulationen (z.B. Gebäudesimulation für die numerische Untergrundsimulation)

Planungsprozess in GeTIS

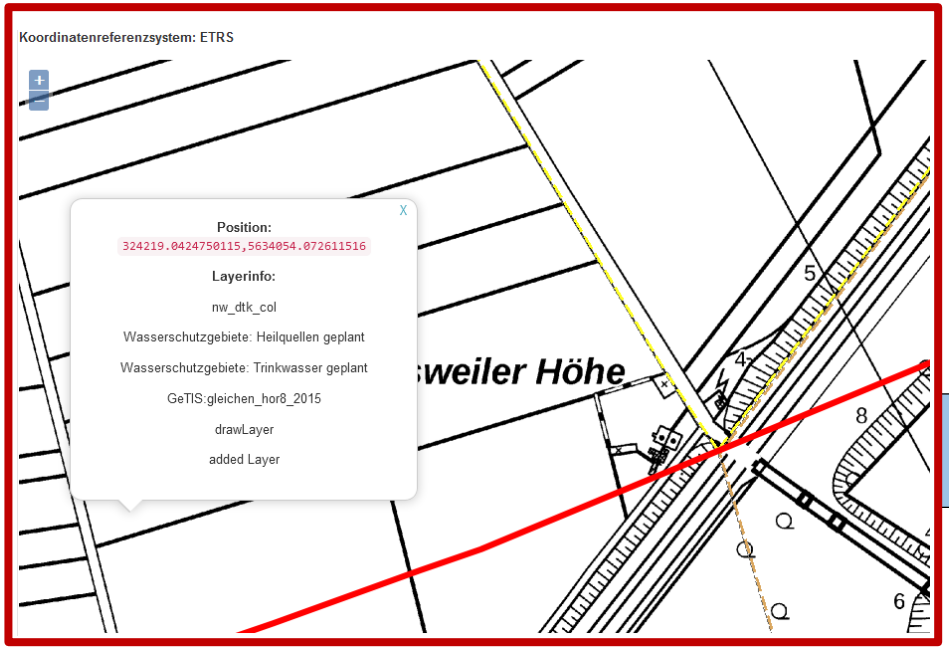


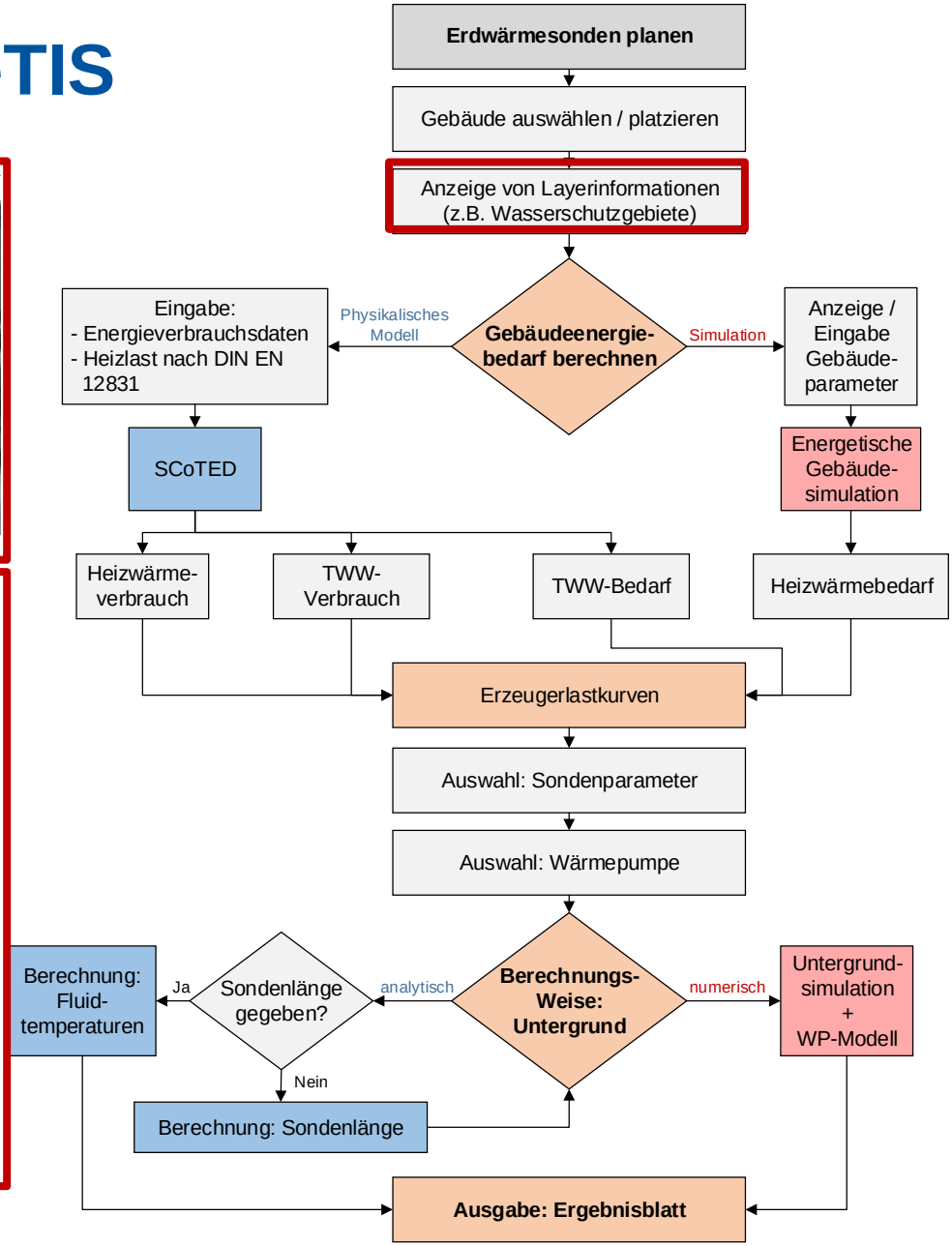


- **Gebäudedaten** (Gebäudetyp, Baujahr, Höhe der Geschosse, Anzahl der Geschosse, Netto-Grundfläche)

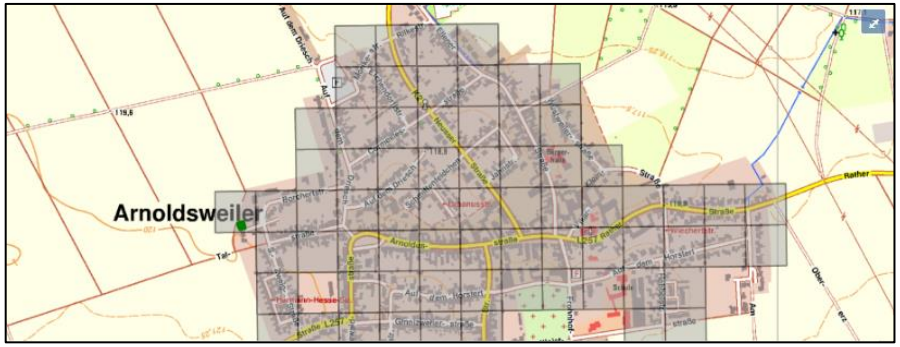
→ Berechnet/geschätzt aus ALKIS, CityGML, Zensus

Planungsprozess in GeTIS





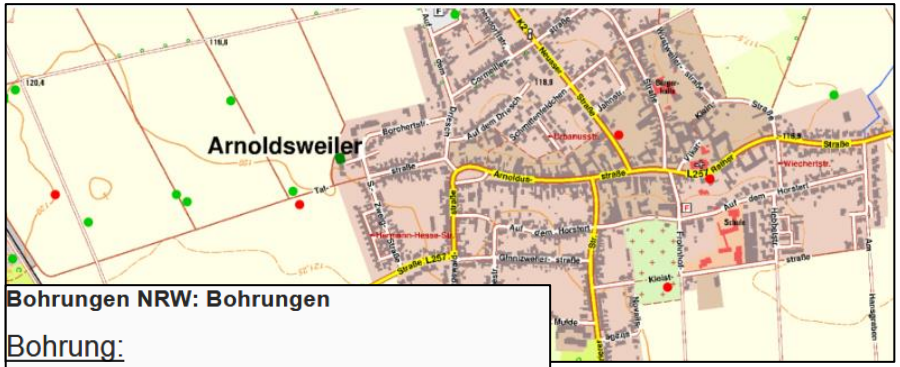
Planungsprozess in GeTIS



GeoServer Web Map Service: Zensus Baujahre

Zensus_Baujahre

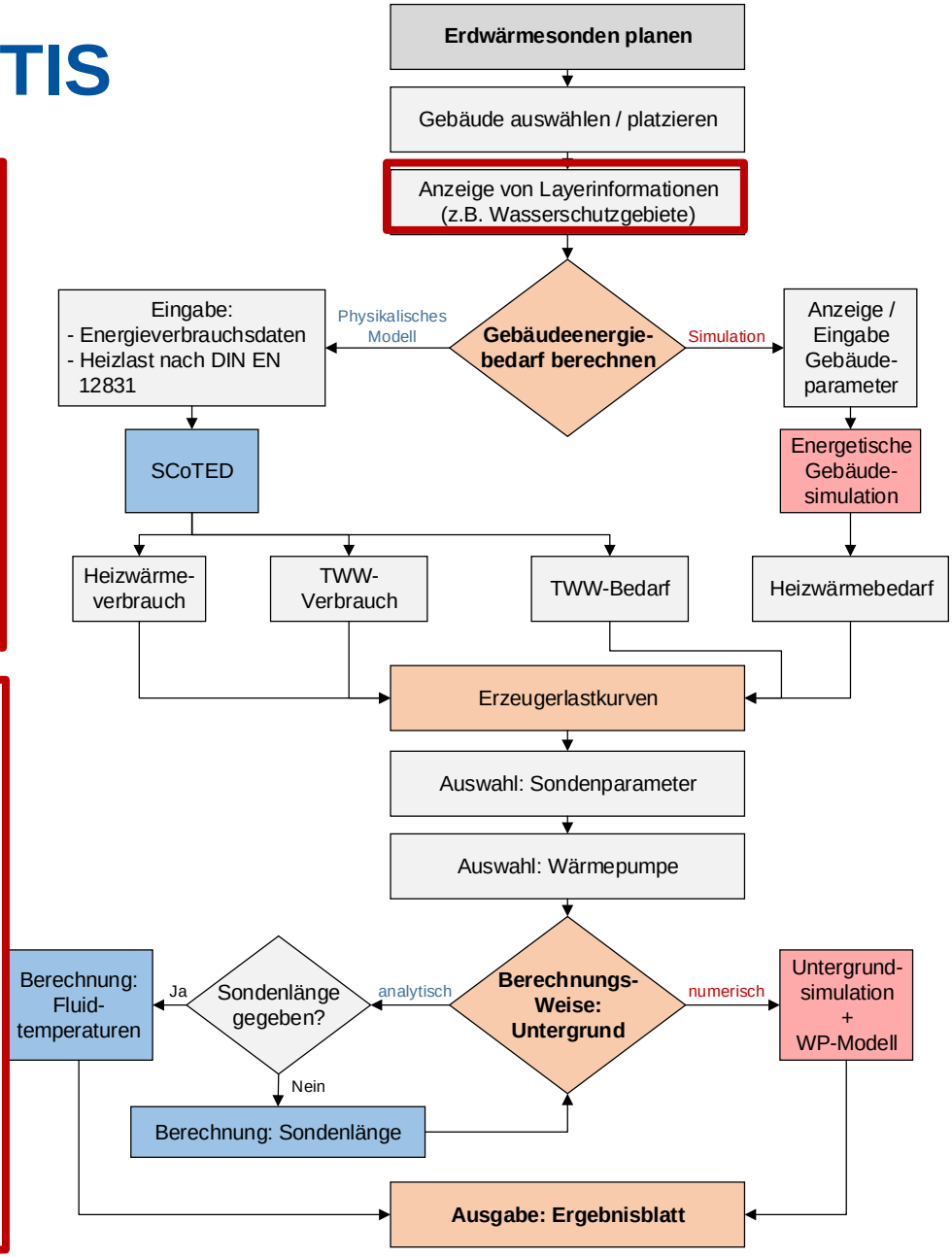
fid	OBJECTID_1	x	y	GITTER_ID	OBJECTID	SHAPE_Leng	Shape_Le_1	GITTERZELL	BAUJAHR_10	Qualit¿½t	Genauigkei	DATENWERT
Zensus_Baujahre.4535	401412.0	4073200.0	3086700.0	100mN30867E40732	2897991.0	400.0	400.0	100mN30867E40732	6.0	e	0.0	3.0
Zensus_Baujahre.5190	401412.0	4073200.0	3086700.0	100mN30867E40732	2897991.0	400.0	400.0	100mN30867E40732	7.0	e	0.0	3.0



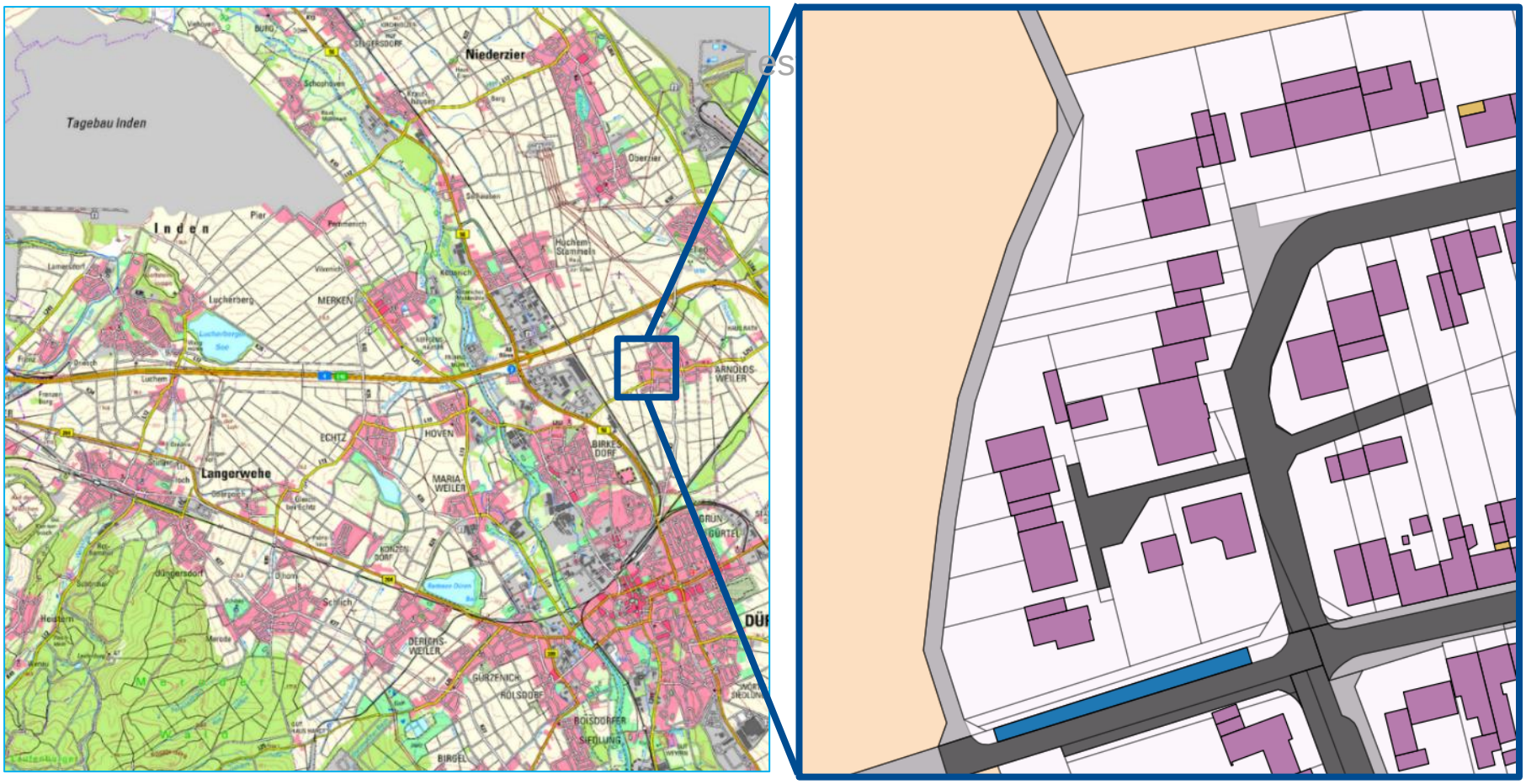
Bohrungen NRW: Bohrungen

Bohrung:

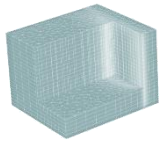
Nummer der Bohrung	DABO_235998
Name kurz	242
Bohrungsname	Dipl.-Kart. Stappen, TH Aachen
Zweck	GTE
Zielhorizont:	q
Rechtswert (UTM-E32)	322427.06
Hochwert (UTM-N32)	5635006.84



Geoportal


Tagebau Inden
Niederzier
Inden
Langerwehe
MERKEN
ECHTZ
HOVEN
MARIA-WEILER
BIRKES-DORF
ARNOLDS-WEILER
GÜRZENICH
BOISDORFER SIEDLUNG
BIRGEL

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

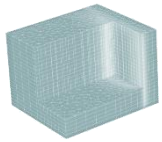
Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

- **Interne + externe Datenbanken**

↓

- **Automatisierung der Datenaggregation und Prozesse**

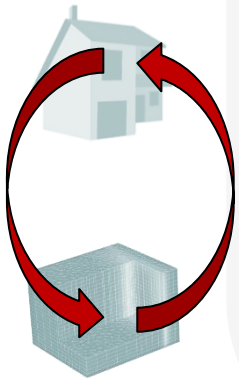
↓

- **Zentrale Bereitstellung der für die Planung notwendigen Daten!**

↓

Zeitersparnis!

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

- **Interne + externe Datenbanken**

↓

- **Automatisierung der Datenaggregation und Prozesse**

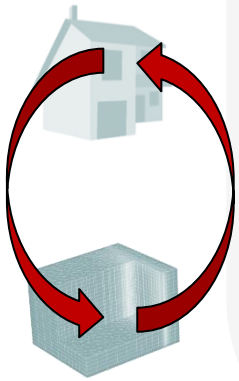
↓

- **Zentrale Bereitstellung der für die Planung notwendigen Daten!**

↓

Zeitersparnis!

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

- **Interne + externe Datenbanken**

↓

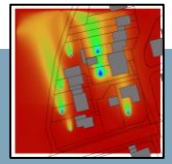
- **Automatisierung der Datenaggregation und Prozesse**

↓

- **Zentrale Bereitstellung der für die Planung notwendigen Daten!**

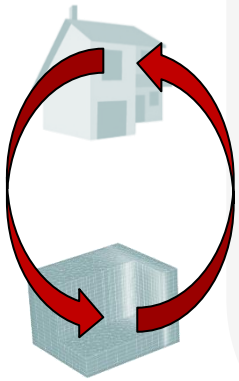
↓

Zeitersparnis!



- **Beeinflussung von Erdwärmesonden untereinander**
- **Detaillierte Abbildung der Wärmepumpe**

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

- **Interne + externe Datenbanken**

↓

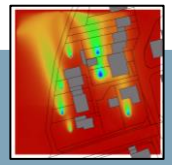
- **Automatisierung der Datenaggregation und Prozesse**

↓

- **Zentrale Bereitstellung der für die Planung notwendigen Daten!**

↓

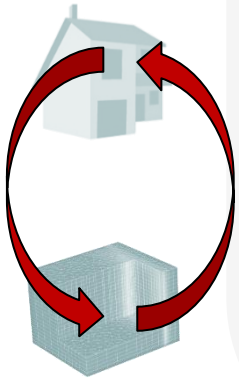
Zeitersparnis!



- **Beeinflussung von Erdwärmesonden untereinander**
- **Detaillierte Abbildung der Wärmepumpe**

- **Randbedingungen für FEFLOW-Modell**

Fazit



Nutzeroberfläche

- Offenes Web-Geoportal: Geothermisches Informationssystem (GeTIS) (ggf. als nationale Plattform)

Bereitstellung von relevanten Informationen

- Geologische Informationen (z.B. Grundwasser, Schichtprofil, …)
- Gesetze / Vorschriften (z.B. Tiefenbegrenzung)
- Gebäude und Stadtquartier (z.B. NGF, Gebäudehöhe, Anzahl der Geschosse, …)

Energetische Gebäude-/Quartierssimulation

- Dynamische Simulation mit Modelica-Bibliotheken (Annex 60, AixLib, …)
- Wärmepumpenmodell (dynamische bidirektionale Kopplung)

Untergrundsimulation

- Analytische Ansätze
- Numerische Simulation (CFD, 3D)
- Plug-In für FEFLOW

- **Interne + externe Datenbanken**

↓

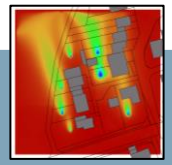
- **Automatisierung der Datenaggregation und Prozesse**

↓

- **Zentrale Bereitstellung der für die Planung notwendigen Daten!**

↓

Zeitersparnis!



- **Beeinflussung von Erdwärmesonden untereinander**
- **Detaillierte Abbildung der Wärmepumpe**

- **Randbedingungen für FEFLOW-Modell**

Zeitersparnis!